

LEITFADEN FÜR DIE AUSBILDUNG
IM DEUTSCHEN WETTERDIENST

NR. 4

Wetterbeobachtung

Bearbeitet von
Kurt Schneider und Arthur Schnell

Offenbach am Main 1967
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

DWD Offenbach / Bibliothek



B33015432

LEITFÄDEN FÜR DIE AUSBILDUNG
IM DEUTSCHEN WETTERDIENST

NR. 4

Wetterbeobachtung

Bearbeitet von
Kurt Schneider und Arthur Schnell



67. 1767

Offenbach am Main 1967
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

LSC DWD / Leitfaden
L 585

Inhalt

	Seite
1. Wetterbeobachtung	3
1.1. Geschichtliches	3
1.2. Allgemeines zur Wetterbeobachtung	3
1.2.1. Die synoptische Beobachtung	3
1.2.2. Die Klimabeobachtung	4
1.3. Die Einrichtung einer Beobachtungsstation	4
1.3.1. Auswahl der Stationslage	4
1.3.2. Ausrüstung einer Beobachtungsstation	4
1.3.3. Aufstellung der Instrumente	4
1.4. Die Durchführung der Beobachtungen	6
1.4.1. Luftdruck	6
1.4.1.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen	6
1.4.1.2. Die Luftdruckmessung mit dem Stationsbarometer	7
1.4.1.3. Die Berechnung des Luftdrucks	8
1.4.2. Temperatur und Luftfeuchte	9
1.4.2.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen	9
1.4.2.2. Temperatur- und Feuchtemessung mit dem Psychrometer	10
1.4.2.3. Die Berechnung von Feuchtegrößen mit Hilfe von Psychrometertafeln	12
1.4.2.4. Die Messung der Extremtemperaturen	14
1.4.2.5. Die Messung der Erdbodentemperaturen	14
1.4.3. Wind	14
1.4.3.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen	14
1.4.3.2. Windrichtung	14
1.4.3.3. Windgeschwindigkeit und Windstärke	14
1.4.3.4. Böigkeit	15
1.4.4. Sicht	15
1.4.4.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen	15
1.4.4.2. Sichtbegriffe im synoptischen und Flugwetterdienst	15
1.4.4.3. Sichtbegriffe im Klimadienst	15
1.4.4.4. Die Messung der Sicht	15
1.4.5. Die Wolkenbeobachtung	16
1.4.5.1. Zweck und Bedeutung der Wolkenbeobachtung	16
1.4.5.2. Die Klassifizierung der Wolken	16
1.4.5.3. Der Bedeckungsgrad	16
1.4.5.4. Höhe der Wolkenuntergrenze	17
1.4.5.5. Wolkenzugrichtung	18
1.4.6. Das gegenwärtige Wetter (ww)	18
1.4.6.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen	18
1.4.6.2. Feststellung der richtigen ww-Zahl (im synoptischen Dienst)	19
1.4.6.3. Angabe des gegenwärtigen Wetters im Klimadienst	19
1.4.7. Niederschlag	20
1.4.7.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen und Maßeinheit	20
1.4.7.2. Messung des Niederschlags	20
1.4.7.3. Behelfsmessungen	20
1.4.7.4. Besondere Niederschlagsmeßgeräte	22
1.4.7.5. Schneemessungen	22
1.4.8. Sonnenscheindauer	22
1.4.9. Erdbodenzustand	23
1.4.9.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen	23
1.4.9.2. Durchführung der Beobachtung	23
1.5. Die weitere Verarbeitung der Beobachtungsergebnisse	23
1.5.1. Die Auswertung der Luftdruck-, Temperatur- und Feuchteregistrierungen	23
1.5.1.1. Hilfskurvenverfahren	24
1.5.1.2. Korrektionskurvenverfahren	24
1.5.2. Die Eintragung in die Beobachtungstagebücher	25
1.5.2.1. Eintragungen im synoptischen Beobachtungsdienst	25
1.5.2.2. Eintragungen im Klimadienst	28
2. Wetterschlüssel	29
2.1. Begriffsbestimmung und Aufgabe des Wetterschlüssels	29
2.2. Die Einteilung der verschiedenen Formen des Wetterschlüssels	30
Literatur	30
Anhang 1: Trigonometrische Funktionen	31
Anhang 2: Begriffe und Abkürzungen gemäß ICAO - Doc. 8400 vom 1. 11. 1964	35

Anschriften der Bearbeiter:

Kurt Schneider, Wetterdienstschule,
673 Neustadt/Weinstraße, Villenstraße 15.
Arthur Schnell, Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes,
605 Offenbach a. M., Frankfurter Straße 135.

1. Wetterbeobachtung

1.1. Geschichtliches

Am Anfang aller meteorologischer Tätigkeit steht die Wetterbeobachtung. Seit Jahrtausenden ist die Menschheit bemüht, die Geheimnisse des Wetterablaufs zu ergründen. Schon im Altertum war der Gebrauch der Windfahne bekannt, und es fanden sich, vor allem in Ägypten, Griechenland und Indien, Aufzeichnungen über das Wettergeschehen, die vornehmlich dazu dienten, die Aussichten für gute oder schlechte Ernte zu bestimmen.

Die zunehmende Abhängigkeit der Menschen von den Einflüssen der Witterung zwang zu immer genauerer Beobachtung des Wetters. Bis ins späte Mittelalter war man allein auf Augenbeobachtungen angewiesen. Da die Himmelsansichten und die vielfältigen Wettererscheinungen Rückschlüsse auf die allgemeine Wetterlage gestatten, wurden in früher Zeit auch schon Wettervorhersagen von erfahrenen Beobachtern aufgestellt.

Die ältesten Instrumentenbeobachtungen wurden in Deutschland im ausgehenden 17. Jahrhundert angestellt. Auf Veranlassung von Leibniz wurden in Hannover ab 1678, in Kiel ab 1679 Barometer und Thermometer verwendet. Die Kieler Beobachtungen sind besonders vollständig und sorgfältig durchgeführt worden. Die längste fortlaufende Beobachtungsreihe beginnt im Jahre 1719 in Berlin. Diesen Beobachtungen und Messungen widmeten sich nur einzelne Persönlichkeiten, vornehmlich Universitätsprofessoren, Lehrer und Geistliche; die Vereinheitlichung und die Zusammenschau der einzelnen Beobachtungen fehlten aber noch.

Das erste meteorologische Beobachtungsnetz, das mit einheitlichen Instrumenten und einheitlichen Methoden arbeitete, wurde 1780 in Mannheim eingerichtet. Durch die Initiative des Kaplans Hemmer wurde unter tatkräftiger Förderung durch den Kurfürsten Karl Theodor die „Societas Meteorologica Palatina“, die Pfälzische Meteorologische Gesellschaft gegründet. Das Netz umfaßte 39 Stationen im In- und Ausland. Obgleich es schon nach 1790 wieder seiner Auflösung entgegenging, wurden in der kurzen Zeit wertvolle klimatologische Ergebnisse zusammengetragen. Das Meteorologische Observatorium auf dem Hohenpeißenberg ist noch eine dieser Stationen, die Bestandteil des heutigen Wetterdienstes geblieben sind. Die 1780 eingeführten Beobachtungstermine 7, 14 und 21 Uhr mittlerer Ortszeit sind bis heute im Klimadienst beibehalten worden. Im Hinblick auf ihren historischen Ursprungsort sind sie als „Mannheimer Stunden“ bekannt geworden.

Bedeutend später, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, wurden in Deutschland die ersten staatlichen Beobachtungsnetze eingerichtet, die zunächst der klimatologischen Forschung dienten. Auch die maritime Meteorologie erlebte nach der internationalen Tagung „Zur Vereinheitlichung der Wetterbeobachtungen auf See“, die 1853 in Brüssel stattfand, einen Aufschwung. 1875 wurde die Deutsche Seewarte in Hamburg eingerichtet. Ihr Gründer und erster Direktor war Georg

von Neumayer. Von dort gingen starke Impulse aus, die in der Folgezeit der Meteorologie in Deutschland Auftrieb gaben. Daneben entwickelten sich Institute auf Länderbasis, die eine organisierte Wetterbeobachtung lediglich um der wissenschaftlichen, hauptsächlich klimatologischen Forschung willen betrieben. Darunter seien das Preußische Meteorologische Institut und die Bayerische Landeswetterwarte genannt. Allmählich wandte man sich aber auch der praktischen Nutzbarmachung meteorologischer Erkenntnisse zu, es entstanden Einrichtungen des Wirtschafts- und Flugwetterdienstes.

Die Zusammenfassung aller Einzelinstitutionen geschah erst 1934 im Reichswetterdienst, in dem alle Zweige der Meteorologie ihren Platz fanden. Nach dem zweiten Weltkrieg führten die Wetterdienste der einzelnen Besatzungszonen die Arbeiten des Reichswetterdienstes fort, bis die fachliche und organisatorische Wiedervereinigung in der rechtsfähigen Anstalt „Deutscher Wetterdienst“ durch das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst vom 11. November 1952 erfolgte. Die Anstalt wurde dem Bundesminister für Verkehr unterstellt.

1.2. Allgemeines zur Wetterbeobachtung

Die Bedeutung der Augenbeobachtung ist auch in der modernen Meteorologie erhalten geblieben. Sie stellt eine nicht fortzudenkende, wertvolle Ergänzung der instrumentellen Beobachtung dar.

Bei der Durchführung der Wetterbeobachtungen unterscheidet man zwei Kategorien:

1.2.1. Die synoptische Beobachtung (gr. synopsis = gleichzeitige, zusammenfassende Schau)

Synoptische Beobachtungen werden nach Weltzeit, d. h. bezogen auf die Sonnenstandsverhältnisse am Nullmeridian angestellt (Greenwich Mean Time = GMT). Das bedeutet, daß sie zwar zur gleichen Zeit erfolgen, aber je nach geographischer Lage des Beobachtungsortes bei unterschiedlichen Sonnenstandsverhältnissen. Der Meteorologe muß also bei der Analyse seiner synoptischen Wetterkarte der Nordhalbkugel (z. B. 12 Uhr GMT) berücksichtigen, daß die Sonne im Bereich des Nullmeridians in England ihren höchsten Stand erreicht hat. Dagegen ist es im asiatischen Rußland zur gleichen Zeit bereits Abend, in Amerika noch früher Morgen. Die Wetterkarte liefert zwar eine Momentaufnahme des aktuellen Wettergeschehens über großen Räumen, aber die Wertigkeit der in ihr enthaltenen meteorologischen Grundelemente ist inhomogen, was besonders für die Werte von Temperatur und Luftfeuchtigkeit zutrifft. Eine Ausnahme bildet der Luftdruck, da dessen Werte auf ein einheitliches Niveau (Meereshöhe — Normalnull = NN) bezogen werden und die normale Tagesschwankung gering ist. Einzelheiten über die Durchführung des Beobachtungsdienstes sind in den „Vorschriften und Betriebsunterlagen, Nr. 3: Beobachterhandbuch für Meldestellen des synoptischen Dienstes“ (im folgenden kurz „Beobachterhandbuch“ genannt) enthalten.

1.2.2. Die Klimabeobachtung

Sie wird zwar ebenfalls zu gleichen Terminen an- gestellt. Diese beziehen sich aber nicht auf eine einheit- liche Zonenzeit, wie z. B. die Weltzeit (die sich nach dem Nullmeridian richtet), sondern auf die mittlere Ortszeit (MOZ) des Beobachtungsortes. Es werden also die Ver- hältnisse des mittleren Sonnenstandes zum Meridian des Beobachtungsortes wiedergegeben. Das bedeutet, daß alle Beobachter an den über die ganze Erde verbreiteten Klimastationen ihre Arbeit zum vorgeschriebenen Ter- min stets unter den Verhältnissen des gleichen Sonnen- standes beginnen. Da die Sonne im Osten aufgeht, wird der russische Beobachter die Sonne um 7 Uhr früher erblicken, als z. B. der Beobachter in England. Letzterer muß, gemessen an der jeweils gültigen Zonenzeit, noch eine Weile warten, bis die Sonne dort entsprechend hoch steht. Durch die Beobachtung zur Ortszeit wird erreicht, daß z. B. die Werte von Temperatur und Luftfeuchtig- keit untereinander vergleichbar sind, so daß die Homo- genität der meteorologischen Grundelemente es gestat- tet, die typischen Unterschiede im Klima der einzelnen Erdgegenden aus ihrer Kartierung zu erkennen.

Da der Klimadienst älter ist als der synoptische Dienst, ist es wohl verständlich, daß man sich bei sei- nen Beobachtungen und ihrer Auswertung noch der alten Maßeinheiten bedient, die von denen im synop- tischen Dienst zum Teil abweichen. Die sehr langen Rei- hen müssen aber fortgesetzt werden, um auch die jün- ste Witterungsgeschichte anzugliedern und mit Hilfe moderner statistischer Methoden die meteorologischen Gesetzmäßigkeiten, wie wiederkehrende Perioden des Witterungsablaufs, bis in die Gegenwart zu verfolgen.

Einzelheiten über die Beobachtungen im Klimadienst sind in der „Anleitung für die Beobachter an den Kli- mahauptstationen des Deutschen Wetterdienstes“ (im folgenden kurz als „Anleitung Klimabeobachtung“ be- zeichnet) enthalten.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der Klima- beobachtung und der synoptischen Beobachtung zeigt die nachfolgende Übersicht.

Ogleich die Beobachtungen verschiedenen Zwecken dienen und mancherlei Abweichungen zu beachten sind, ist ihre technische Durchführung vollkommen gleich. Es werden die gleichen Instrumente benutzt, die im so- genannten Klimagarten aufgestellt sind, und auch die Augenbeobachtungen erfassen das gleiche Bild. Ledig- lich der Verwendungszweck bestimmt die Gesichtspun- kte, nach denen die Beobachtung zusammengestellt wird.

Die unter 1.4. folgenden Ausführungen über die Durchführung der Beobachtungen gelten also grund- sätzlich für beide Kategorien. Im synoptischen Dienst ist für „Beobachtung“ das Kurzwort „Obs“ gebräuchlich (lat.: observare = beobachten).

1.3. Die Einrichtung einer Beobachtungsstation

1.3.1. Auswahl der Stationslage

Die Dichte des Stationsnetzes hängt von der Boden- gestaltung und der praktischen Bedeutung der Beob- achtungen für die betreffende Gegend ab. Im Flachland ändert sich das Klima auf weite Räume nur wenig, so daß dort ein verhältnismäßig weitmaschiges Netz ge- nügt. Dagegen ist eine Verdichtung dort notwendig, wo größere Unterschiede auf kleinem Raum auftreten. Allgemein soll die Beobachtungsstelle so ausgewählt werden, daß die dort gewonnenen Meßergebnisse als re- präsentativ für die weitere Umgebung angenommen werden können. Dazu tritt die Forderung an eine mög-

lichst freie Lage, die eine Beobachtung des Himmels nach allen Richtungen gestattet. Die Höhe des Geländes über NN, auf dem die Thermometerhütte und der Re- genmesser aufgestellt werden, wird aus dem Meßtisch- blatt entnommen.

1.3.2. Ausrüstung einer Beobachtungsstation

Größe sowie Ausrüstung einer Station richten sich nach den Aufgaben, die von ihr erfüllt werden sollen. So wird z. B. ein meteorologisches Observatorium für Spezialuntersuchungen über zusätzliche Instrumente verfügen, die an einer Normalstation nicht vorhanden sind. Eine Flugwetterwarte wird wiederum in ihrer Ausrüstung von der des Observatoriums abweichen. Alle Stationen verfügen aber über eine gemeinsame Standardausrüstung, von der hier die Rede sein wird. Sie genügt für die Durchführung einer normalen Wet- terbeobachtung, deren Beherrschung das Ziel dieses Leitfadens sein soll. Ein gut ausgebildeter Beobachter wird die zusätzlichen Instrumente im Rahmen seines späteren Einsatzes in spezialisierten Dienstzweigen um- so besser handhaben lernen, je gründlicher er die An- wendung der Standardinstrumente beherrscht.

Eine Wetterstation enthält folgende Grund-Geräte:

Stationsbarometer (oder Dosenbarometer)
Wetterhütte, darin

2 Stationsthermometer (Quecksilber)
zusammengefaßt zum „Hüttenpsychrometer“
1 Maximum-Thermometer
1 Minimum-Thermometer
1 Aspirator
1 Thermograph
1 Hygrograph
Reinigungsgeräte und Zubehör

Minimum-Thermometer am Erdboden (5 cm Höhe)
Erdboden-Thermometer (nur an bestimmten Stationen)

in 2 cm Tiefe
in 5 cm Tiefe
in 10 cm Tiefe
in 20 cm Tiefe
in 50 cm Tiefe
in 100 cm Tiefe

2 Regenmesser nach H e l l m a n n mit Zubehör
(Deckel, Schneekreuz, Meßglas)
Schneeausstecher
Handpegel zur Schneehöhenmessung
Windmeßgerät
Sonnenscheinautograph

1.3.3. Aufstellung der Instrumente

a) Das Stationsbarometer wird in einem möglichst gleichmäßig temperierten Raum des Stationsgebäudes erschütterungsfrei an einer Wand aufgehängt, die von der Sonnenstrahlung nicht betroffen wird. Die Nähe von Heizkörpern ist ebenfalls zu vermeiden, da das Quecksilber im Barometer nicht nur auf Luftdruck- schwankungen, sondern auch auf Temperatureinflüsse reagiert.

Wichtig ist die Angabe der Höhe des Barometergefä- ßes (Gefäßmitte) über NN. Sie darf nicht mit Hilfe des Meßtischblattes errechnet, sondern muß genau vermes- sen werden. Man ist also auf die Hilfe des nächstgele- genen Vermessungsamtes oder eines Katasteramtes an- gewiesen, an das der entsprechende Antrag zu richten ist.

b) Die Wetterhütte soll in freier Lage, nicht im Schat- ten von Hindernissen aufgestellt werden, um der Luft-

**Übersicht über die wichtigsten Abweichungen
zwischen synoptischer Beobachtung und Klimabeobachtung**

	SYNOP	Klima
Beobachtungszeit	Weltzeit (Greenwich mean time = GMT)	Mittlere Ortszeit (MOZ)
Beobachtungs-Intervalle	Nach vorgeschriebenem Meldesoll, durchweg stündlich	7, 14, 21 ^h MOZ (Termine I, II, III)
Luftdruck	Maßeinheit = mb	Maßeinheit = mm Hg
	a) Ablesung (mb) b) Instrumenten-Korrektion c) Temperatur-Korrektion d) Schwerekorrektion = Stationsluftdruck e) Reduktion auf NN = QFF f) Reduktion auf offizielle Flugplatzhöhe = QFE g) Reduktion des QFE auf NN mit Hilfe der Normalatmosphäre = QNH (Höhenmessereinstellung)	a) Ablesung (mm Hg) b) Instrumenten-Korrektion c) Temperatur-Korrektion d) Schwerekorrektion = Stationsluftdruck
Extrem-Temperaturen	Hütte Max. Abl. 18.00 GMT Einst. 18.00 Min. Abl. 06.00 Einst. 18.00 Min. am Erdb. Einst. 18.00 Abl. 06.00	Hütte Max.: } Ablesung und Einstellung des } Thermometers um 21 ^h Min.: } Min. am Erdboden: Einstellung 21 ^h Ablesung 7 ^h
Luftfeuchtigkeit	Dampfdruck mb Relative Feuchte ‰ Taupunkt °C	Dampfdruck mm Hg Relative Feuchte ‰
Wind	Richtung: 36teilige Skala (360°) Geschwindigkeit: Knoten Böen: Knoten	Richtung: 32teilige Skala Stärke: Beaufort-Skala Böen: m/sec
Bewölkung	Bedeckungsgrad in 1/8 Wolkenhöhe: Meter oder englische Fuß Klassifikation: detailliert	Bedeckungsgrad in 1/10 Wolkenhöhe: wird nicht angegeben Klassifikation: grob Vertikale Erstreckung: Anhang von Indexziffern 0, 1, 2 an Bewölkungsmenge
Wetter zur Zeit der Beobachtung	100 Ausdrucksmöglichkeiten nach Wetterschlüssel	10 Ausdrucksmöglichkeiten durch Symbolanhang an die Ziffern der Bewölkungsmenge
Sicht	Detaillierte Angaben nach Wetterschlüssel in m bzw. km nachts: Feuersicht	10 feste Stufen (genauere Angaben unerwünscht) nachts: Feuersicht und natürliche Sicht bei Dunkelheit
Niederschlag	Messungen um 00.00 und 12.00 GMT für die letzten 6 Stunden, 06.00 und 18.00 GMT für die letzten 12 Stunden,	Messungen: 7, 14, 21 ^h Tagesmenge (24stündig) von 7 — 7 ^h : aus Teilmengen 14 u. 21 ^h des Vortages und 7 ^h des laufenden Tages. Messung und Auswertung von abgesetztem Niederschlag

strömung von allen Seiten freien Zutritt zu gewähren. Sie soll auf einer ebenen Rasenfläche stehen, da dieser Untergrund eine zu starke Reflexion der Sonnenstrahlung und damit die unerwünschte Beeinflussung der Hüttenthermometer (Fälschung der wahren Lufttemperatur) weitgehend einschränkt. Aus dem gleichen Grunde muß die Nähe von Betonflächen, Gewächshäusern, Heizungsanlagen und Wasserflächen gemieden werden. Unerwünscht ist auch die Nähe von Verkehrsstraßen und Bahndämmen, da sich die Erschütterungen des Bodens auf die empfindlichen Registrierinstrumente übertragen können. Die Hüttentüren sollen nach Norden weisen, um beim Öffnen besonders zur Mittagszeit den Einfall der Sonnenstrahlung zu verhindern. Außer den notwendigen Instrumenten soll sich kein überflüssiges Zubehör im Hüttenraum befinden.

c) Die *Stationsthermometer* werden in der rechten Hälfte des Hüttenraumes senkrecht an einer Halterung befestigt, so daß die Meßfühler (Quecksilbergefaße) sich 2 m über Grund befinden. Das sogenannte „feuchte Thermometer“ hängt rechts von dem trockenen.

d) Das *Maximum-Thermometer* wird in eine Halterung eingelegt, die an der gleichen Stativstange wie die Stationsthermometer befestigt und vertikal verschiebbar ist. Dabei liegt das Kapselende des Maximum-Thermometers etwas höher als das Gefäßende.

e) Das *Minimum-Thermometer* wird waagerecht in die gleiche Halterung unter dem Maximum-Thermometer eingehängt.

f) Der *Thermograph* steht auf dem mittleren Bodenbrett im linken Hüttenteil. Damit erhält sein Meßfühler (das Bimetall) die gleiche Höhe wie die des Stationsthermometers.

g) Der *Hygroph* wird auf das Gehäuse der Thermographen gestellt. Wenn noch ein Haarhygrometer vorhanden ist, steht es am besten vor dieser Anordnung.

h) Der *Aspirator* wird in einem wasserdichten Behälter in der linken vorderen Ecke aufbewahrt. Soweit ein elektrischer Aspirator verwendet wird, ist dieser fest an der Halterung der Stationsthermometer angebracht. Die Inbetriebnahme erfolgt am Arbeitsplatz des Beobachters.

i) Das *Minimum-Thermometer am Erdboden* soll in der Nähe der Hütte (niemals unter ihr) auf unbewachsenem Boden in 5 cm Höhe waagerecht in einer geeigneten Halterung liegen (2 Astgabeln genügen bereits dazu). Gegen die Sonneneinstrahlung muß es tagsüber geschützt werden. Entweder bedeckt man es mit einem weißgestrichenen Gehäuse oder bewahrt es in der Hütte oder in der Station bis zur abendlichen Auslegung auf.

Im Winter muß darauf geachtet werden, daß frisch gefallener Schnee unter dem Thermometer eine Mulde erzeugt haben kann. Diese muß mit Schnee aus der Nachbarschaft ausgeglichen werden. Wenn die Schneedecke auf über 5 cm Höhe anwächst, wird das Thermometer auf die Schneedecke gelegt. Dabei muß aber die direkte Berührung des Meßfühlers mit dem Schnee vermieden werden, was dadurch erreicht wird, daß man dem Thermometer eine Brettchen-Unterlage gibt, wobei der Meßfühler über das Brett hinausragen muß.

j) Die *Erdboden-Thermometer* werden mit ihren Meßführern bis zur vorgeschriebenen Tiefe in den Boden eingegraben. Die Meßfläche darf nicht bewachsen sein. Die Thermometer in größeren Tiefen dürfen nicht vom Grundwasser erreicht werden. Die abgebogenen Thermometerkörper weisen mit ihren Kapselenden nach Süden. Damit zeigen die Skalen nach Norden, wo-

durch das Quecksilber in den Kapillaren einen gewissen Schutz vor zu starker Sonnenbestrahlung erhält.

k) Der *Regenmesser* erhält im Meßfeld einen Platz, an dem er einen gewissen Windschutz durch niedrige Hecken, Bäume oder Sträucher genießt, deren Entfernung vom Aufstellungsort aber so groß sein muß wie ihre Höhe. Bei Bäumen ist ihr späteres Wachstum zu berücksichtigen. Auf jeden Fall muß erreicht werden, daß Niederschlag auch bei stärkerer Luftbewegung noch schräg in das Auffanggefäß einfallen kann.

Die Aufhängung des Regenmessers erfolgt an einem Pfahl, der das Auffanggefäß nach Süden hin gegen Sonnenstrahlung abschirmen soll (Verdunstung!). Das Ende des 90 cm aus dem Boden ragenden Pfahles ist nach hinten abgeschrägt, um zu verhindern, daß Spritzwasser in das Auffanggefäß gelangt oder daß sich im Winter Schneehauben bilden. Das Pfahlende wird aus dem gleichen Grunde von der Oberkante des Auffanggefäßes um 10 cm überragt. Die Gesamthöhe der Meßanordnung beträgt also 1 m über Grund.

l) Der *Windmesser* soll so frei aufgestellt werden, daß die vorhandenen Geländehindernisse 10 mal so weit von ihm entfernt sind wie sie hoch sind. Ein Gebäude von 15 m Höhe soll also eine Entfernung von 150 m haben. Der Bodenwind wird in einer Höhe von 6–10 m gemessen. Dazu werden entsprechende Masten von genügender Stärke verwendet, an denen das Gerät schwankungsfrei angebracht wird. In ungünstigen Lagen wird man jedoch gelegentlich den Windmesser auf Dächer anbringen müssen. Dann muß aber die Höhe des Meßfühlers so gewählt werden, daß er nicht von den Hinderniswirbeln der Luftströmung an den oberen Gebäudeteilen beeinflusst werden kann.

m) Der *Sonnenscheinautograph*, der die Sonnenscheindauer des Tages registriert, wird an einem erhöhten Standort so aufgestellt, daß seine Mittagslinie genau nach Süden zeigt. Dabei ist darauf zu achten, daß im Bereich des Tagesbogens der Sonne keine Hindernisse vorhanden sind, die bei Sonnenschein durch ihre Schattenwirkung eine Unterbrechung der Registrierung bewirken könnten.

1.4. Die Durchführung der Beobachtungen

Dieser Abschnitt soll mit der Praxis des Beobachtungsdienstes vertraut machen. Dabei ist es nicht zu umgehen, neben der Erläuterung der einzelnen Arbeitsverrichtungen auch auf physikalische Vorgänge einzugehen, die dabei mitwirken. Ein Beobachter darf sich nicht darauf beschränken, seine Instrumente rein mechanisch zu bedienen, sondern er soll wissen, warum er sie gerade in der vorgeschriebenen Form und nicht anders behandeln muß. Erst das Wissen um die natürlichen Vorgänge, die bei den verschiedenen Messungen von Bedeutung sind, verschafft ihm die Erkenntnisse, die ihn vor groben Fehlern bewahren.

1.4.1. Luftdruck

1.4.1.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Als Luftdruck wird das Gewicht einer Luftsäule von 1 cm² Querschnitt bezeichnet, deren Länge von der Mitte des Barometergefäßes bis zur oberen Grenze der Atmosphäre reicht. In unseren Breiten hält diese Luftsäule in Meereshöhe einer Quecksilbersäule von etwa 76 cm Länge und 1 cm² Querschnitt im Torricelli'schen Rohr die Waage.

Die Ablesung der Länge der Quecksilbersäule eines Barometers, der sogenannte Barometerstand, allein

zeigt noch nicht den wahren Luftdruck an. Dieser hängt von zusätzlichen Faktoren ab, die berücksichtigt werden müssen.

Im Leitfaden Nr. 1 (Abschnitt 4.1.) wurde bereits gezeigt, daß das Gewicht eines Körpers von seiner Masse (Dichte) und der Erdbeschleunigung, die er bei freiem Fall im luftleeren Raum durch die Anziehungskraft der Erde erfährt, bestimmt wird. Die Größe der Erdbeschleunigung hängt vom Abstand zwischen dem Beobachtungsort und dem Erdmittelpunkt ab. Da die Erde keine wirkliche Kugel, sondern ein an den Polen abgeplattetes Ellipsoid ist, haben nicht alle Punkte der Erde gleichen Abstand vom Erdmittelpunkt, die polnahen Gebiete sind ihm näher als die äquatornahen. Das bedeutet, daß die Erdbeschleunigung an den Polen größer ist als am Äquator (rund 983 cm/sec² gegenüber nur 978 cm/sec²). Die Schwerkraft hängt also von der geographischen Breite und der Höhe des Meßpunktes ab. Ferner wirkt auf der sich drehenden Erde die Fliehkraft ein, die am Äquator am größten, am Pol am geringsten ist. Die Fliehkraft wirkt der Anziehungskraft der Erde entgegen, schwächt sie also ab. Für international vergleichbare Druckmessungen hat man den Wert der Erdbeschleunigung bei 45 Grad (genauer bei 45 bis 46 Grad) Breite als „Normalschwere“ zu 980,665 cm/sec² festgelegt. Alle Umrechnungen auf Normalschwere werden mit diesem Wert durchgeführt. (Näheres s. u. 1.4.1.3.)

1.4.1.2. Die Luftdruckmessung mit dem Stationsbarometer

Die Barometerablesung soll einerseits mit großer Genauigkeit durchgeführt werden, andererseits müssen die Tätigkeiten dabei so schnell wie möglich ausgeführt werden, um eine Erhöhung des Quecksilberstandes im Barometer durch die Körperwärme des Beobachters zu verhindern.

Ablesen des Beithermometers

Sofort nach dem Herantreten an das Barometer wird das Beithermometer abgelesen, wobei die Zehntelgrade geschätzt werden. Der Ablesepunkt (die höchste Erhebung der Quecksilberkuppe) bildet dabei den Scheitelpunkt eines rechten Winkels zwischen dem Sehstrahl des Auges und der Längsachse des Quecksilberfadens. Mit dieser Augeneinstellung wird der sogenannte Parallaxenfehler vermieden. Da die Kapillare vor der Ableseskala befestigt ist, würde bei zu hoher Augenhaltung eine zu tiefe Temperatur abgelesen werden, bei zu tiefer Kopfhaltung würde der umgekehrte Fehler

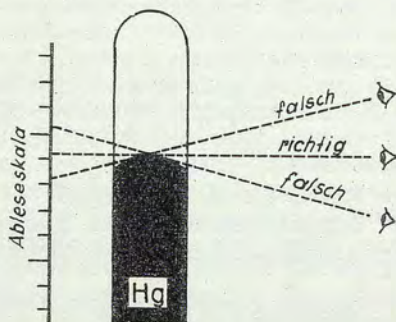


Abb. 1
Zustandkommen eines Parallaxenfehlers

eintreten (Abb. 1). Das Beithermometer zeigt die Temperatur des Quecksilbers im Innern des Barometers an. Die Ermittlung dieser Temperatur ist wichtig, weil sie bei der Berechnung des wahren Luftdrucks eine Rolle spielt.

Bewegung des Barometers

Um eine gut ausgebildete Quecksilberkuppe zu erzeugen, wird das Barometer um etwa 10° seitlich bewegt (nicht angehoben). Dabei darf nicht das Gefäß, sondern nur der untere Teil des Hüllrohrs angefaßt werden. Stärkere Neigung aus der Senkrechten kann zu Quecksilberverlust aus der Öffnung für die Lufteinlaßschraube führen.

Einstellung des Nonius

Mit der Triebsschraube am Hüllrohr wird das ringförmige Visier des Nonius von oben nach unten bewegt, bis der höchste Punkt der Quecksilberkuppe mit der vorderen und hinteren Kante des Visiers in einer Linie zusammenfällt. Um diese Stellung zu erreichen, muß der Beobachter seinen Kopf ebenfalls ein wenig auf und ab bewegen. Bei richtiger Einstellung sind neben der Quecksilberkuppe 2 helle Dreiecke sichtbar. Es dürfen weder Teile der Kuppe verdeckt noch darf ein durchgehender Lichtstreifen zwischen Kuppe und Noniusrändern sichtbar werden (Abb. 2).

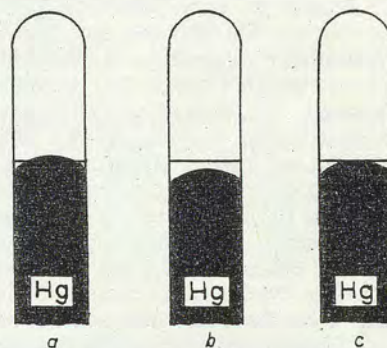


Abb. 2
Visiereinstellung beim Stationsbarometer
a) falsch: Kuppe verdeckt, b) falsch: Kuppe frei,
c) richtig: Visierkante berührt Quecksilberkuppe,
2 helle Dreiecke sichtbar.

Ablesung des Barometerstandes

Die vordere Unterkante des Noniusvisiers befindet sich meist zwischen 2 Strichen der Barometer-Hauptskala. Der untere von beiden zeigt die ganzen Millimeter (oder Millibar) des Barometerstandes an. Die dazwischen liegenden Zehntel werden nun auf der Noniuskala abgelesen, wobei das entsprechende Zehntel durch den Noniusstrich angegeben wird, der sich mit einem Strich der Barometerskala deckt (Beispiel 1). Wenn die Vorderkante des Nonius sich mit einem Strich der Hauptskala genau deckt, so deckt sich der Noniusstrich 10 mit einem Strich der Hauptskala. In diesem Falle dürfen die zehn Zehntel der Noniuskala nicht zum Ablesewert der Hauptskala addiert werden (Beispiel 2).

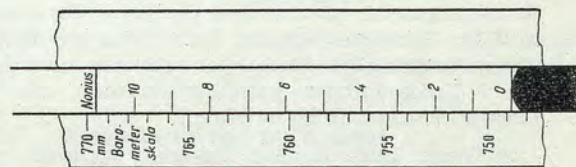


Abb. 3
Barometerskala mit Nonius (Barometerstand 748.7 mm)

Beispiel 1 (Abb. 3):

Ablesewert an der Hauptskala	748,0 mm
Teilstrich 7 der Nonius in Deckung mit einem Teilstrich der Hauptskala (hier 762 mm)	+ 0,7 mm
Barometerstand	748,7 mm

Beispiel 2:

Ablesewert an der Hauptskala	748,0 mm
Teilstrich 10 des Nonius in Deckung mit einem Teilstrich der Hauptskala	+ 0,0 mm
	<hr/> 748,0 mm

Der Nonius

Die Gesamtlänge seiner 10 Teile entspricht genau der Länge von 19 Teilen der Hauptskala. Ein Teil entspricht also 1,9 Skalenteilen. Deckt sich, wie in Beispiel 1, der Teilstrich 7 des Nonius mit einem Teilstrich der Hauptskala (hier 762 mm), so liegt der Nullpunkt des Nonius um $7 \times 1,9 = 13,3$ Teile tiefer als der Teilstrich 762 der Hauptskala, also bei 748,7 mm. Die Noniusskala ermöglicht also eine sehr schnelle und genaue Ablesung der Zehntel ohne schwierige Schätzung.

Zur Barometerskala

Wenn die Ablesungswerte in Millimetern angegeben werden, so stimmt das nicht ganz. Eigentlich müßte die Höhe der Quecksilbersäule vom Hg-Spiegel im Gefäß bis zur Kuppe im Barometerrohr jedesmal neu ausgemessen werden, da ja auch das Quecksilber im Gefäß seine Standhöhe entsprechend den Höhenschwankungen im Barometerrohr ändert. Der Nullpunkt der Messung (Hg-Spiegel) ist also ebenfalls veränderlich. Beim Stationsbarometer handelt es sich aber um eine reduzierte Skala mit festem Nullpunkt, bei der das Verhältnis des Rohrquerschnitts zum Querschnitt des Hg-Gefäßes bereits berücksichtigt ist. Aus dem Verhältnis 1:40 zwischen beiden errechnet sich die wahre Länge von 100 mm der Skala zu 102,5 Skalenteilen. Deshalb ist ein Skalenteil in Wirklichkeit etwas kleiner als 1 mm, aber die dauernde Neueinstellung einer beweglichen Skala auf den Nullpunkt ist überflüssig geworden.

Fehlerquellen

- 1) Parallaxenfehler bei der Ablesung.
- 2) Fälschung der Temperaturangabe des Beithermometers durch die Körperwärme des Beobachters. Die Temperatur des Quecksilbers im Barometer wird dann nicht richtig angegeben.
- 3) Zu starke Neigung des Barometers führt zu Quecksilberverlust aus dem Gefäß. Das Barometer wird dann unbrauchbar und muß ausgetauscht werden.
- 4) Bei älteren Barometern können die Zähne der Triebstange für die Visiereinstellung abgenutzt sein. Nach der Noniuseinstellung kann das Visier beim Loslassen der Triebsschraube weiter abrutschen, wodurch zu tiefer Barometerstand abgelesen wird.

Störungen

- 1) Verschmutzungen des Quecksilbers führen zu Änderungen des spezifischen Gewichts des Quecksilbers und der Form der Kuppe. Ihre Höhe soll mehr als 0,5 mm betragen. Die Lufteinlaßschraube darf nur um 1 bis 2 Umdrehungen gelockert werden, um das Eindringen von Staub zu verhüten.
- 2) Wenn Luft in das Hg-Rohr gelangt, wird das Vakuum verschlechtert, was zu tieferer Anzeige des Barometerstandes führt. Man prüft das Vakuum, indem man das Barometer bei geschlossener Lufteinlaßschraube vorsichtig so weit neigt, bis das Quecksilber am oberen Ende des Glasrohrs anschlägt. Ein heller, metallischer Klang verrät ein gutes, dumpfer Klang ein nicht einwandfreies Vakuum. Im letzteren Falle nimmt man das Barometer vom Haken, setzt es auf den Boden und schraubt die obere Verschlusskappe ab. Danach neigt man es bis zum Anschlag des Quecksilbers. Eine vorhandene Luftblase wird dann sichtbar. Sie

darf bis zu 3 mm Durchmesser haben; ist sie größer, muß das Barometer ausgetauscht werden.

3) Zu hohe Anzeige des Barometerstandes wird oft durch größere Luftansammlung an der Bunte'schen Spitze bewirkt. Das Barometer wird bei fest angezogener Lufteinlaßschraube langsam auf den Kopf gestellt (Vorsicht, damit das Glasrohr nicht vom Quecksilber zerschlagen wird!). Danach wird die Luft durch leichtes Klopfen am Hüllrohr zum Aufsteigen gebracht.

4) Durch stärkeren Wind können die Luftdruckangaben gefälscht werden. Bei Stauwirkung erhöht sich der Luftdruck, bei Sog wird er verringert. Diese Fehler werden durch die Lage der Station zur Windrichtung und Geländeformen hervorgerufen. Sie treten häufig auf See, an der Küste und auf Berggipfeln auf und können mehrere Millimeter bzw. Millibar Unterschied gegenüber dem wahren Luftdruck ausmachen. Diese Fehler sind nur durch Vergleichsmessungen zu erkennen.

1.4.1.3. Die Berechnung des Luftdrucks

a) Die Instrumentenkorrektur

Jedes Stationsbarometer wird vor der Inbetriebnahme geeicht. Dabei werden Anzeigefehler in bestimmten Skalenbereichen, die z. B. durch ungleiche Weiten des Glasrohres (Kalibrierung) hervorgerufen werden, erkannt und ihr Ausmaß in einem Prüfschein, der das Instrument begleitet, festgelegt.

Nach der Ablesung ist diese Korrektur anzubringen; weil sie in den einzelnen Skalenbereichen konstant ist, wird sie mit der ebenfalls konstanten Schwerekorrektur (c) vereinigt.

b) Die Nullgrad-Korrektur

Unter dem Einfluß der Raumtemperatur ist das Quecksilber Längenänderungen unterworfen, welche die Standhöhe, die von der Luftdruckeinwirkung abhängig ist, störend überlagern. Um die Barometerstände international vergleichbar zu machen, müßte man die Temperatur des Quecksilbers an allen Beobachtungsstationen in der Welt stets auf einem einheitlich gleichen Stand halten. Das ist technisch undurchführbar, und so legt man durch Berechnung die Verhältnisse zugrunde, die anzutreffen wären, wenn das Quecksilber eine Temperatur von 0°C hätte.

Die vollständigen Formeln für die Umrechnung lauten:

Millimeter Skala:

$$C = \frac{-B(a - \beta)t}{1 + \alpha t} - \frac{V}{A}(a - 3\eta)t$$

Millibar Skala:

$$C = \frac{-B(a - \beta)t}{1 + \alpha t} - 1,33 \frac{V}{A}(a - 3\eta)t$$

Es bedeuten:

- C = Korrektur in mm oder mb
 B = Barometerstand einschl. Instrumentalkorrektur
 a = Ausdehnungskoeffizient für Quecksilber = 0,0001818
 β = linearer Ausdehnungskoeffizient für die Skala (Messung) pro 1°C = 0,0000184
 t = Temperatur des Quecksilbers für der Ablesung in $^{\circ}\text{C}$ (Beithermometer)
 V = Rauminhalt des Quecksilbers im Barometergefäß in mm^3
 A = Oberfläche des Quecksilbers im Barometergefäß in mm^2
 η = linearer Ausdehnungskoeffizient von Glasrohr und Gefäß pro 1°C = 0,000010

Für die allgemein gebräuchlichen Fuess-Stationsbarometer können die Formeln vereinfacht werden, ohne daß die erforderliche Genauigkeit darunter leidet:

Für mm: $C = -0,000163 (B + 25) \cdot t$

Für mb: $C = -0,000163 (B + 35) t$

Die Ausrechnung ergibt bei Temperaturen über 0°C einen negativen, bei Temperaturen unter 0°C (Minus-Vorzeichen) einen positiven Korrektionswert, da die Länge der Hg-Säule bei 0°C als Norm zugrundegelegt wird. Über 0°C wird sich der Quecksilberfaden ausdehnen und muß durch Minus-Korrektion wieder auf die Normallänge zurückgeführt werden. Bei negativen Temperaturen muß die eintretende Verkürzung durch positive Korrektion ausgeglichen werden.

c) Die Schwerekorrektion

Unter 1.4.1.1, wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Schwerkraft von der geographischen Breite und der Höhe über NN abhängt. Der Barometerstand muß deshalb unter Berücksichtigung der Normalverhältnisse (geogr. Breite 45° und mittleres Meeresniveau) umgerechnet werden. Zur Berechnung der Korrektion sind für jede Station umfangreiche Formeln anzuwenden, die im Beobachterhandbuch, Teil 3, ausführlich beschrieben worden sind. Auf ihre Wiedergabe an dieser Stelle kann verzichtet werden, da die Berechnung des für die Station gültigen konstanten Wertes einmalig bei der Stationserrichtung erfolgt. Die Korrektion wird wegen ihrer Unveränderlichkeit mit der Instrumentenkorrektion zu einem Wert zusammengefaßt. Die bis hierher erwähnten Korrekturen, angebracht am Barometerstand, ergeben den absoluten Luftdruck auf Stationshöhe. Diese Luftdruckangabe wird im Klimadienst verwendet.

Da alle Körper polwärts schwerer werden, ergibt sich für höhere Breiten eine positive, für tiefere Breiten eine negative Schwerekorrektion.

d) Reduktion des Luftdrucks

QFF

Da die Länge der Luftsäule über einem Beobachtungsort auch von dessen Höhe über dem Meeresspiegel abhängt, können die gemessenen Stationsluftdruckwerte nicht untereinander verglichen werden. Da die Druckänderungen mit der Höhe wesentlich größer sind als die Änderungen der synoptischen Wetterlage, würde die Eintragung der Stationsluftdrucke in eine Wetterkarte das Bild eines orographischen Reliefs mit Höhengichtlinien, ähnlich denen eines Meßtischblatts ergeben. Um die Auswertung von Luftdruckmessungen in verschiedenen Höhenlagen trotzdem in der synoptischen Wetterkarten-Darstellung möglich zu machen, müssen diese auf ein einheitliches Niveau umgerechnet werden. Man reduziert auf mittlere Meereshöhe = Normalnull (NN). Dabei gehen neben der Stationshöhe auch die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in die Rechnung ein, da durch sie die Dichte und damit auch das Gewicht des Luftkörpers, also der anteilige Druck des Teiles der Luftsäule zwischen der Station und Meereshöhe näher bestimmt werden kann. Man muß dabei bedenken, daß dieser Differenzdruck ja in der Praxis nicht mit dem Barometer gemessen wird. Die zur Zeit der Messung bekannten Eigenschaften des über der Station befindlichen Teiles der Atmosphäre dienen dazu, das Verhalten des zu ergänzenden Teiles hinsichtlich seiner Luftdruckwirkung zu erkennen und dem Stationsluftdruck organisch anzugliedern, so wie es auch möglich ist, dem Bruchstück eines allgemein bekannten Gegenstandes die fehlenden Teile anzumodellieren. Näheres über die recht komplizierten Rechnungen zur Aufstellung einer Reduktionstabelle finden sich ebenfalls im Beobachterhandbuch.

Der auf NN reduzierte Luftdruckwert heißt QFF. Die Eintragung dieses Wertes von vielen Stationen in Wetterkarten ermöglicht das Zeichnen von Isobaren.

QFE

Im Flugwetterdienst wird der Luftdruck auch auf die offizielle Flugplatzhöhe reduziert. Diese Angabe, das sogenannte QFE, ermöglicht dem Flugzeugführer die sichere Landung. Der an die anfliegende Maschine übermittelte QFE-Wert wird an einer Nebenskala des Höhenmessers eingestellt. Da der Höhenmesser nichts anderes ist als ein Aneroid-Druckmesser, zeigt er 0 Meter an, wenn das Flugzeug am Boden aufsetzt.

QNH

Um die in den verschiedensten Regionen der Erdoberfläche und der Höhe auftretenden Werte von Luftdruck, Temperatur und Temperaturgradient miteinander vergleichen zu können, wurde die *Normal- oder Standardatmosphäre* geschaffen, nach der die Höhenmesser geeicht werden.

Ihre Eigenschaften sind:

Luftdruck (NN)	: 1013,25 mb
Temperatur (NN)	: $15,0^\circ \text{C}$
Dichte (NN)	: $0,001225 \text{ gr/cm}^3$

Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist mit $-0,65^\circ \text{C}$ pro 100 Meter festgelegt worden. Wenn also die Temperatur- und Druckwerte auf NN, dazu die vertikale Temperaturabnahme einheitlich feststehen, so kann, da auch die Temperatur eine Funktion der Höhe ist, jeder beliebigen Höhe ein bestimmter Druck zugewiesen werden.

Der auf Landebahnhöhe reduzierte Stationsluftdruck (QFE) wird auf Meereshöhe reduziert, wobei aber die Werte der Standardatmosphäre verwendet werden. Von dieser wird angenommen, daß sie für alle Höhen die gleiche Zusammensetzung beibehält, wobei allerdings der in ihr enthaltene Wasserdampf nicht berücksichtigt wird.

Der mit Hilfe der Standardatmosphäre von der Landebahnhöhe auf NN reduzierte Luftdruck wird mit QNH bezeichnet.

Zusammenfassung der Verwendung der verschiedenen Luftdruckwerte:

Stationsluftdruck:	Klimadienst
QFF:	Synoptischer Dienst, Wetterkarteneintragung
QFE:	Flugwetterdienst — Luftdruck in Landebahnhöhe, Höhenmesser- einstellung für Landung von Flugzeugen.
QNH:	Flugwetterdienst — Höhenmesser- einstellung für Start und Landung.

1.4.2. Temperatur und Luftfeuchte

1.4.2.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Lufttemperatur

Der Temperaturbegriff als Maß für den Wärmezustand eines Körpers und die verschiedenen Temperaturskalen (als Maßeinheiten) wurden im Leitfaden Nr. 1, Abschn. 3.2, behandelt. Die Temperatur eines Körpers steigt, wenn ihm Wärmeenergie zugeführt wird, sie sinkt, wenn Wärmeenergie entzogen wird. Die Wärmeleitung innerhalb eines Körpers ist je nach seiner chemischen Zusammensetzung recht verschieden. Metalle

sind gute, Flüssigkeiten schlechtere, Gase die schlechtesten Wärmeleiter. Die Wärme hat stets die Eigenschaft, von der wärmsten zur kältesten Stelle zu fließen, es besteht also immer das Bestreben eines Wärme- und damit auch Temperatenausgleiches.

Die Messung der Temperatur erfolgt mit Thermometern, am gebräuchlichsten sind Flüssigkeitsthermometer (Quecksilber, Alkohol), daneben gibt es elektrische Thermometer (Widerstandsthermometer, Thermoelemente) und die nicht in der meteorologischen Praxis bekannten Gasthermometer.

Luftfeuchte

Der Grad der Luftfeuchte (vergl. Leitfaden Nr. 1, Abschn. 5.1. und 5.2.), wird durch den Anteil des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes bestimmt. Dieser spielt eine große Rolle als absorbierendes Medium bei der Sonneneinstrahlung und Ausstrahlung der Erde, er gibt selbst Wärmestrahlung (Gegenstrahlung) ab und ist somit für den gesamten Wärmehaushalt der Atmosphäre von Bedeutung. Warme Luft kann mehr Wasserdampf enthalten als kalte Luft. Dieser enge Zusammenhang zwischen Temperatur und Luftfeuchte wird bei der Beschreibung der Messungen beider Elemente deutlich hervortreten.

Die gebräuchlichen Meßgrößen des Wasserdampfgehaltes und damit der Luftfeuchte (Dampfdruck, absolute und relative Feuchte, Sättigungsdampfdruck, Sättigungsdefizit, Taupunkt, spezifische Feuchte und Mischungsverhältnis) sind ebenfalls im Leitfaden Nr. 1, Abschn. 5.2., behandelt.

1.4.2.2. Temperatur- und Feuchtemessung mit dem Psychrometer

a) Das Psychrometer

Als Psychrometer bezeichnet man zwei benachbarte Quecksilberthermometer, die unter Vermeidung direkter Bestrahlung der natürlichen oder einer künstlich erzeugten Luftventilation ausgesetzt werden. Das Quecksilbergefäß eines der Thermometer ist mit einer Musselin-Lage überzogen, die vor der Messung mit destilliertem Wasser angefeuchtet wird. Im Gegensatz zum unpräparierten, sogenannten trockenen Thermometer spricht man wegen der stattfindenden Befeuchtung vom „feuchten Thermometer“.

Das Instrument wird zur gleichzeitigen Bestimmung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit benutzt. Ortsfest ist es in der Wetterhütte untergebracht, wo es vor Strahlung geschützt wird. Dieser Schutz ist kein absoluter, da sich eine gewisse Fälschung der wahren Lufttemperatur durch Strahlungseinflüsse vom Erdboden her nicht ganz vermeiden läßt. Durch einheitliche Aufstellung der Hütten hält sich aber der Strahlungsfehler in etwa gleichen Grenzen und fällt daher in der Relation zu den Meßwerten anderer Stationen nicht ins Gewicht.

Als transportables Gerät wird das Asmann'sche Aspirations-Psychrometer benutzt.

b) Die Messungen

Die Hüttentüren werden vorsichtig geöffnet, um Erschütterungen der Registrierinstrumente und vor allem des Minimumthermometers zu vermeiden. An den Registrierinstrumenten kann es zu Ausschlägen des Schreibarmes kommen, wodurch unbeabsichtigt Zeitmarken an der Registrierkurve entstehen. Im waagrecht gelagerten Minimum-Thermometer ist eine Verschiebung des Glasstiftes in der Alkoholfüllung möglich, wodurch falsche Werte angezeigt werden.

Der Beobachter orientiert sich rasch über die grobe Standhöhe des Quecksilbers in den Thermometern, um den Ablesepunkt später besser wiederzufinden. Die Verschlusskorken am Ventilationsgehäuse des feuchten Thermometers werden entfernt. Das Musselin wird mit destilliertem Wasser angefeuchtet. (Leitungswasser enthält Bestandteile, die bei längerem Gebrauch zu Kesselsteinbildung führen. Das im Sammelbehälter von Regenmessern aufgefangene Regenwasser enthält ebenfalls Verschmutzungen. Solche Ablagerungen am Musselin beeinträchtigen die Wärmeleitung.)

Der Aspirator wird in der Hand aufgezogen und vorsichtig auf den oberen Ansaugstutzen des Ventilationsgehäuses gesteckt, in das der Glaskörper des feuchten Thermometers mit dem Hg-Gefäß von oben her eingelassen und abgedichtet ist. Das Aufziehen des Aspirators nach dem Aufstecken ist unbedingt zu unterlassen, da dann Erschütterungen nicht ausbleiben. An manchen Beobachtungsstationen wird auch der elektrische Aspirator von Wolfle verwendet.

Die Hüttentüren werden fest geschlossen. Inzwischen wird das benachbarte feuchte Thermometer einem Ventilationsstrom von 1 — 3 m/sec ausgesetzt. Der Luftstrom, dessen Temperatur durch das trockene Thermometer angezeigt ist, wird vom Aspirator angesaugt und strömt am Meßfühler vorbei. An der Oberfläche des Musselins setzt nun die Verdunstung des Wassers ein. Die Geschwindigkeit des Übergangs vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand hängt von der Temperatur ab. Je höher die Temperatur, desto schneller geht die Verdunstung vor sich. Der Ventilationsstrom ist so bemessen, daß der sich bildende Wasserdampf fortwährend abtransportiert wird, so daß keine Stauungen im Gehäuse entstehen können, die falsche Meßergebnisse des Wasserdampfgehaltes der angesaugten Außenluft bewirken würden. Zur Verdunstung ist Wärme nötig, die an der Oberfläche des Musselins entnommen wird. Die dort eintretende Abkühlung setzt sich durch Leitung bis in das Innere des Quecksilbers fort. Die Hg-Säule beginnt zu fallen, und es entsteht normalerweise eine Differenz zwischen der Anzeige des trockenen und des feuchten Thermometers, die sogenannte Psychrometerdifferenz. Dieser Vorgang kommt erst dann zum Stillstand, wenn sich die durch die Verdunstung verbrauchte Wärmemenge mit der vom Thermometerkörper abgegebenen Wärmemenge im Gleichgewicht befindet. Die benötigte Verdunstungswärme hängt von dem bereits vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab, sie ist dem Sättigungsdefizit proportional. Bei gleichem Wasserdampfgehalt nimmt die benötigte Verdunstungswärme mit abnehmendem Luftdruck zu, desgleichen mit steigender Temperatur und wachsender Ventilationsgeschwindigkeit. Ist die Außenluft bereits stark mit Wasserdampf angereichert, so wird die Zeitdauer bis zum Stillstand der Quecksilbersäule abgekürzt und die Psychrometerdifferenz gering werden. Große Differenzen treten bei relativ trockener Luft auf. Bei völliger Sättigung der herangeführten Außenluft kann diese keine Flüssigkeitsmoleküle mehr aufnehmen. Die Verdunstung unterbleibt ganz und beide Thermometer zeigen den gleichen Wert an. So ist also die Psychrometerdifferenz ein Maßstab für den Wasserdampfgehalt der Außenluft.

Im Sommer beträgt die Aspirationszeit etwa 3, im Winter etwa 5 Minuten. Nach Ablauf dieser Zeit werden die Hüttentüren erneut geöffnet. Mit einem schnellen Blick überzeugt sich der Beobachter davon, ob das Quecksilber im feuchten Thermometer seinen Stand noch verändert. In diesem Falle muß noch weiter abgewartet werden. Bei Stillstand werden sofort die geschätzten Zehntelwerte der Temperatur am trockenen,

danach am feuchten Thermometer abgelesen, danach erst in der gleichen Reihenfolge die ganzen Grade. Dieses Verfahren soll verhüten, daß falsche Werte, besonders beim trockenen Thermometer, gemessen werden. Durch die Körperwärme des Beobachters wird der ungeschützte Meßfühler des trockenen Thermometers beeinflusst. Deshalb muß die Ablesung sobald wie möglich erfolgen, wobei Gesicht und Hände nicht zu nahe an die Instrumente gebracht werden dürfen und der Atem angehalten werden soll. Die Verwendung von Kerzen, Feuerzeugen und Streichhölzern zur Beleuchtung bei Nacht ist selbstverständlich ausgeschlossen. Bei der Ablesung muß wieder auf die richtige Augenstellung wegen des Parallaxenfehlers geachtet werden.

Ablesungsfehler entstehen durch Verwechslung der stärker markierten Skalenpunkte. So ist der 5°-Fehler eine häufige Erscheinung bei noch ungeübten Beobachtern. Bei Temperaturen unter 0° ist in umgekehrter Richtung abzuzählen, bzw. sind die Zehntel zu schätzen.

Nach der Ablesung wird der Aspirator abgenommen und in seinem Behälter verwahrt. Im Sommer wird das Musselin erneut befeuchtet und die beiden Ansaugöffnungen für Aspirator und Außenluft fest mit Korken verschlossen. Damit wird das Austrocknen des Musselins verhindert, die Wassertemperatur gleicht sich bis zur nächsten Messung an die Umgebung an, so daß der Aspirationsvorgang nicht durch große Temperatursätze erschwert wird. Im Winter wird nur nach der Messung angefeuchtet, sofern nicht ein geschlossener dünner Eisüberzug das Musselin bedeckt. In diesem Falle unterbleibt das Anfeuchten ganz. Die Beobachtung im Winter ist schwieriger als im Sommer, da sich dann die meisten Störungen im Aspirationsablauf einstellen. Bei Temperaturen um 0° C kann sich Eisansatz am Musselin des feuchten Thermometers bilden. Dieser dünne Eismantel ist oft nur schwer sichtbar. Man stellt ihn dadurch fest, daß man mit einem sauberen stumpfen Hölzchen vorsichtig von unten gegen das Musselin tupft. Zeigt sich ein Tröpfchen, so ist das Wasser noch nicht gefroren, bleibt es trocken, so haben wir Eis am Musselin. Eine weitere einfache Methode der Eisprobe kann ohne Hilfsmittel angewendet werden: Das gläserne Ansaugrohr, in daß der Meßfühler des feuchten Thermometers hineinragt, wird vorsichtig mit einer Hand umschlossen. Die Körperwärme überträgt sich durch Leitung auf den Meßfühler und die Hg-Säule steigt an. Bleibt sie bei 0° C stehen, so ist der Nachweis von Eis am Musselin gegeben. Steigt sie ohne Unterbrechung über 0° C weiter auf, so befindet sich unterkühltes Wasser daran. Die Ursache dieses Verhaltens liegt darin, daß Stoffe, die ihren Aggregatzustand ändern, die Temperatur dieses Grenzpunktes so lange beibehalten, bis die Umwandlung völlig vollzogen ist, obgleich ständig weiter Wärme zugeführt wird. Hat das Eis am Musselin z. B. eine Temperatur von -3° C, so bewirkt die Handwärme zunächst einen Anstieg auf 0° C. Von nun an setzt der Schmelzprozeß bei anhaltender Wärmezufuhr ein. Die Temperatur des Schmelzpunktes 0° C bleibt aber konstant, bis alles Eis geschmolzen ist. Erst dann kann die Heizquelle zur weiteren Erwärmung des Wassers dienen.

Bei Anwesenheit von unterkühltem Wasser liegt keine Änderung des Aggregatzustandes vor, so daß die Erwärmung des Wassers zügig, ohne Stillstand am Umwandlungspunkt 0° C, vor sich gehen kann.

Gelegentlich stellt man ein rasches Ansteigen der Temperatur am feuchten Thermometer auf 0° C fest, wo sie dann eine Weile konstant bleibt. Hierbei ist unterkühltes Wasser am Musselin, meist durch leichte Erschütterung, schlagartig gefroren, wobei Schmelzwärme (80 cal) frei wurde. Diese plötzliche latente Wärmezufuhr bewirkte also den Anstieg der Temperatur auf den Schmelzpunkt. In diesem Falle muß so lange ventiliert werden, bis sich bei einer Temperatur unter 0° C das Wärmegleichgewicht einstellt, d. h. die Hg-Säule ihren Stand nicht mehr ändert. Wenn der Eismantel am Musselin einmal zu stark angewachsen sein sollte, so muß er abgetaut werden, da er andernfalls als Isolierschicht wirken und den Wärmeaustausch zwischen Außenluft und Quecksilber behindern würde. Die Folge wären zu hohe Temperaturen am feuchten Thermometer und damit Fälschung der Feuchtwerte.

Bei Temperaturen unter 0° C, wasserdampfgesättigter Luft (Nebel) und Eis am Musselin wird gelegentlich beobachtet, daß das feuchte Thermometer trotz Ventilation einen höheren Wert anzeigt als das trockene Thermometer.

Diese Erscheinung hat folgende Ursache:

Wenn Wasser aus dem festen (Eis) in den flüssigen Aggregatzustand übergeht, werden dazu 80 gcal verbraucht. Zur Überführung in den gasförmigen Zustand werden weitere 600 cal pro g benötigt. Bei direktem Übergang vom festen zum gasförmigen Zustand sind also insgesamt 680 cal erforderlich. Diese direkte Umwandlung ohne Zwischenstufe heißt Sublimation, und zwar auch in umgekehrter Richtung.

Beim Ventilieren des feuchten Thermometers unter den bezeichneten Wetterverhältnissen sublimiert der mit dem Luftstrom angesaugte Wasserdampf am Eismantel des Meßfühlers. Der Wasserdampf wird übergangslos in Eisteilchen umgewandelt. Dabei wird die Sublimationswärme (680 cal) frei, die eine Temperaturerhöhung bewirkt. In solchem Falle wird die Psychrometer-Differenz negativ. Näheres darüber, wie sich dann die Feuchtgrößen errechnen lassen, wird unter 4.2.3. beschrieben.

Bei negativen Temperaturen am feuchten Thermometer ist unbedingt im Tagebuch durch die Zusätze e oder w zum Temperaturwert die Anwesenheit von Eis oder Wasser zu vermerken. Diese Angabe ist wichtig, da der Sättigungsdampfdruck über Eisflächen geringer ist als über Wasser.

Die folgende Vergleichstabelle macht diesen Unterschied deutlich:

Dampfdruck bei	0°	-5°	-10°	-15°	-20°
über Eis	4,58	3,0	1,95	1,24	0,77 mm Hg
über Wasser	4,58	3,16	2,14	1,43	0,96 mm Hg

Behelfsmessungen

Bei Beschädigungen des trockenen Thermometers kann man eine Behelfsablesung der Lufttemperatur am Minimumthermometer vornehmen. Die Ablesung geschieht dann nicht am Ende des Glasstiftes, sondern am Ende des Alkoholfadens. Wenn der Aspirator defekt ist, muß für natürliche Belüftung des feuchten Thermometers gesorgt werden. In diesem Falle muß die Befechtung des Musselins längere Zeit vor der Messung vorgenommen (20-30 Minuten) und das gläserne Ansaugrohr vom Gehäuse abgeschraubt werden, damit die Außenluft freien Zutritt zum Meßfühler erhält.

An den Registrierinstrumenten sind die vorgeschriebenen Zeitmarken anzubringen. Nach der Messung werden die Hüttentüren wieder fest geschlossen. Die abgelesenen Temperaturwerte werden in das Tagebuch eingetragen (s. u. 1.5.2.). Dabei sind die Instrumentenkorrekturen zu berücksichtigen. Danach erst werden die Werte für den Dampfdruck, die relative Feuchtigkeit und den Taupunkt aus den „Aßmann'schen Aspirations-Psychrometertafeln“ entnommen und ebenfalls eingetragen.

1.4.2.3. Die Berechnung von Feuchtgrößen mit Hilfe von Psychrometertafeln

a) Die Aßmann'schen Aspirations-Psychrometertafeln
Aus den von R. Assmann (1845 - 1918) berechneten Psychrometertafeln können auf Grund der Temperaturen des trockenen und des feuchten Thermometers verschiedene Feuchtewerte entnommen werden. Die Werte von Dampfdruck und relativer Feuchte werden aus dem ausführlichen Teil der Tafeln entnommen. Auf der Ordinate sind die trockenen, auf der Abszisse die feuchten Temperaturen in Zehntelgraden fortschreitend aufgetragen. Mit den korrigierten Temperaturwerten geht man in die Tafeln ein und findet im Spaltenschnittpunkt nebeneinander den aktuellen Dampfdruck in mm Hg und die relative Feuchte in ganzen Prozentwerten. Mit dem Wert des Dampfdrucks geht man für synoptische Zwecke noch in die rechte Randspalte ein. Neben dem Dampfdruck e steht der zugehörige Wert des Taupunktes. Bei negativen Werten der feuchten Temperatur muß darauf geachtet werden, daß die Tafeln für unterkühltes Wasser von -0 bis -10°C reichen. Sie überschneiden sich mit den Tafeln für Eis. Bei dem Zusatz „w“ oder „e“ am feuchten Temperaturwert muß also die zugehörige Tafel ausgewählt werden.

Die Benutzung einer falschen Tabelle kann, besonders bei tiefen Temperaturen, sehr erhebliche Fälschungen der Feuchtgrößen ergeben. Auf die Anwendung der richtigen Tafeln kommt es auch dann an, wenn die verschiedenen Feuchtgrößen errechnet werden müssen. Die dazu erforderlichen Hilfstafeln haben oft ebenfalls eine Zweiteilung in „Eis“ und „Wasser“, die anfangs etwas verwirrend erscheint.

b) Die Berechnung von Dampfdruck und relativer Feuchte

1) Der Dampfdruck ist abhängig von Temperatur und Luftdruck. Er wird berechnet nach der Sprung'schen Formel:

$$e = E' - C (t - t') \frac{b}{755}$$

Es bedeutet darin:

- e = gesuchter Dampfdruck (mm Hg)
- E' = Sättigungsdampfdruck, bezogen auf die Temperatur am feuchten Thermometer
- C = Psychrometer-Konstante
- t = Temperatur am trockenen Thermometer
- t' = Temperatur am feuchten Thermometer
- $(t - t')$ = Psychrometer-Differenz
- b = Stationsluftdruck in mm Hg.

Das gesamte Abzugsglied $C (t - t') \frac{b}{755}$ wird in anderen Hilfsformeln auch mit A bezeichnet.

Die Psychrometer-Konstante C ist ein experimentell ermittelter, von der Ventilationsgeschwindigkeit (mindestens 2—3 m/sec) abhängiger Erfahrungswert. Er beträgt 0,50 über Wasserflächen, 0,43 über Eisflächen.

Berechnungsbeispiel:

$$\begin{aligned} \text{Gegeben: } t &= 2,4^{\circ} \\ t' &= 2,0^{\circ} \\ b &= 755 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

Zuerst wird E' aus den Tafeln des Sättigungsdampfdruckes entnommen. Auf Seite 3 der Psychrometertafeln (Wasser am Musselin) findet man unter $2,0^{\circ}$ (t') den Wert E' mit 5,29 mm Hg. Der Wert der Psychrometerkonstante $C = 0,5$ ist festgelegt, da t' positiven Wert hat. (Bei Eis am Musselin wäre $C = 0,43$ einzusetzen und der Wert E' aus den Tafeln des Sättigungsdampfdruckes über Eis zu entnehmen.)

Es heißt also:

$$e = 5,29 - 0,5 (2,4 - 2,0) \frac{755}{755} = 5,09 \text{ mm Hg.}$$

Auf Seite 42 der „Ausführlichen Tafeln“ findet man bei $t = 2,4$ und $t' = 2,0$ den abgerundeten Wert 5,1 für e . Die Sprung'sche Formel ist streng genommen nur auf einen Luftdruck von 755 mm anwendbar. Im vorstehenden Beispiel hebt sich der Bruch $\frac{b}{755} = 1$ auf.

Das Ergebnis deckt sich mit den Werten der ausführlichen Tafeln tatsächlich nur bei einem Luftdruck um 755 mm Hg, der etwa dem in unseren Breiten herrschenden Normaldruck in Meereshöhe entspricht. Die ausführlichen Tafeln bauen sich auf diesen Druckwert auf, weshalb darin der Bruch $\frac{b}{755}$ einfach vernachlässigt werden konnte.

Bei erheblichen Abweichungen von 755 mm oder an Stationen über 400 m über NN müssen die Tafelwerte korrigiert werden.

2) Die Berechnung der relativen Feuchte ergibt sich aus der Formel

$$R = \frac{e}{E} \cdot 100,$$

Es bedeutet:

- R = gesuchte relative Feuchte
- e = tatsächlicher Dampfdruck
- E = Sättigungsdampfdruck bezogen auf die trockene Temperatur.

Im Gegensatz zur Sprung'schen Formel wird hier der Sättigungsdampfdruck für die Temperatur des trockenen Thermometers aus den Tafeln (Wasser) des Sättigungsdampfdruckes entnommen. Es ist zu beachten, daß der Wert E ausschließlich den Wasser-Tafeln zu entnehmen ist, während bei E' auch die Tafel (Eis) benutzt werden muß, wenn der negative Temperaturwert den Eisvermerk trägt.

Mit den Werten aus dem vorliegenden Beispiel setzen wir nun ein: Für $e = 5,1$, für E (aus den Tafeln des Sättigungsdampfdruckes bei $t = 2,4$) = 5,44 mm Hg.

Es heißt also:

$$R = \frac{5,1}{5,44} \cdot 100 = 93,75\%.$$

In den ausführlichen Tafeln ist der Wert mit 94% zu finden.

3) Bestimmung von Dampfdruck und relativer Feuchte an Stationen über 400 m über NN

Wie bei Stationen geringer Höhe über NN werden auch bei höher gelegenen Stationen mit den Werten t und t' die Ausgangswerte für den Dampfdruck (e) und der relativen Feuchte (R) aus den ausführlichen Tafeln entnommen. (Eis oder Wasser bei t' beachten!). Diese Werte sind also korrektionsbedürftig, da die ausführlichen Tafeln bekanntlich für 755 mm Hg Luftdruck gelten. Zu diesem Zweck enthalten die Psychrometertafeln Korrektortabellen.

a) Die Tafeln der „Luftdruckkorrektur des Dampfdruckes“ finden sich für Wasser auf den Seiten 166 und 168, für Eis auf S. 170 der Psychrometertafeln. Mit den Eingangswerten des Stationsluftdruckes (b) und der Psychrometerdifferenz ($t - t'$) wird der Korrektionswert Δe des Dampfdruckes (e) bestimmt. Dabei ist gegebenenfalls Interpolation notwendig. Die Korrektur Δe wird am Tabellenwert e angebracht. Sie ist positiv bei Luftdruck unter 755 mm, negativ bei über 755 mm.

b) Mit Δe und dem Wert t der Temperatur des trockenen Thermometers wird nun der Korrektionswert der relativen Feuchte ΔR bestimmt. Diese Tafeln befinden sich auf Seite 167 und 169. Mit ΔR wird der Tabellenwert von R verbessert. (Vorzeichen wie bei Δe .)

Beispiel:

$$\begin{aligned} t &= -4,6^\circ \\ t' &= -5,0^\circ \\ b &= 660 \text{ mm} \end{aligned}$$

Aus den ausführlichen Tafeln (Eis) ergeben sich die unverbesserten Ausgangswerte $e = 2,8$, $R = 87$.

Aus den Luftdruckkorrektions tafeln des Dampfdrucks (S. 170) wird Δe bei 660 mm Druck und $0,4^\circ$ Psychrometerdifferenz mit 0,022 mm bestimmt, indem man einfach in der 4° -Spalte bis zum Wert 660 heruntergeht und im Ergebnis das Komma eine Stelle nach links verschiebt. Andernfalls müßte man die Interpolationspalte am rechten Rande der Tabelle benutzen, in der unter dem herrschenden Druck die Dampfdruckänderung für je $0,1^\circ$ angegeben ist. Die Multiplikation $4 \times 0,005 = 0,02$ führt praktisch zu dem gleichen Ergebnis, da e nur auf Zehntel mm abgerundet anzugeben ist.

Der verbesserte Wert für e ergibt sich aus $2,8 + 0,02 = 2,82$. In das Tagebuch ist einzutragen: 2,8. Mit $\Delta e = 0,02$ und $t = -4,6$ kann der Wert ΔR in den Korrektions tafeln der relativen Feuchte auf S. 167 aufgesucht werden. Auch hier kann die Multiplikation mit der Hilfsspalte (in diesem Falle $0,3 \Delta R$ für je $0,01 \Delta e$) erspart werden, indem die Spalte 0,2 benutzt wird. Bei -4° und -5° steht der Wert ΔR mit 6%. Die schon bekannte Kommaverschiebung ergibt also $0,6\%$ für ΔR . Die verbesserte relative Feuchte ergibt sich aus der Addition $87 + 0,6 = 87,6\%$. Einzutragen ist also 88% relative Feuchte, da diese stets in ganzen Prozenten anzugeben ist. Immerhin ergibt die geringfügig erscheinende Änderung des Dampfdruckes hier bereits eine spürbare Änderung der relativen Feuchte. Bei extrem tiefen Temperaturen und stark abweichendem Luftdruck wird der Fehler erheblich größer.

Die Unterscheidung der Tafeln der „Luftdruckkorrektion des Dampfdrucks“ in „Eis“ und „Wasser“ ist nur bei näherer Betrachtung der Korrektionsformeln am Kopf der Tabelle erkennbar.

Sie lautet

$$\text{bei „Wasser“: } e = \frac{1}{2} (t - t') \frac{755 - b}{755},$$

$$\text{bei „Eis“ : } e = 0,43 (t - t') \frac{755 - b}{755},$$

analog der Psychrometer-Konstante (0,5 oder 0,43).

c) Bestimmung von Dampfdruck und relativer Feuchte bei fehlenden Tafelwerten

Wenn die ausführlichen Tafeln nicht ausreichen, d. h. die Werte von e und R bei gegebenen Temperaturwerten t und t' nicht darin enthalten sind, können die Luftdruckkorrektions tafeln des Dampfdruckes nicht verwendet werden, weil keine Ausgangswerte für die Korrektion vorhanden sind. In diesem Falle benutzt man die Tafeln des Abzugsglieds A der Sprung'schen Formel auf Seite 171 für „Wasser“, auf Seite 172 für „Eis“.

Berechnungsbeispiel

$$\begin{aligned} \text{Gegeben: } t &= -30,2 \\ t' &= -30,4^\circ \\ b &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

In den Tafeln des Sättigungsdampfdrucks über Eis muß der Wert für E' aus der Hilfsspalte der von 1° zu 1° fortschreitenden Temperatur des feuchten Thermometers, gegebenenfalls durch Interpolation, entnommen werden. Für $t' = -30,4$ ergibt sich $E' = 0,27$.

Aus der Tafel des Abzugsglieds (Eis) auf Seite 172 wird der Wert des gesamten Abzugsglieds A mit Hilfe von $t - t' = 0,2$ und $b = 600$ entnommen. Bei Benutzung der 2° -Spalte der Psychrometerdifferenz und Kommaverschiebung nach links ist $A = 0,068$.

Auf Grund der Beziehung $e = E' - A$ ist also $e = 0,27 - 0,068 = 0,202$. In das Tagebuch ist $e = 0,2$ einzutragen.

Für die relative Feuchte $R = \frac{e \cdot 100}{E}$ muß noch der Sättigungsdampfdruck E bei der Temperatur t bestimmt werden.

Mit der Temperatur $t = -30,2$ wird E wieder aus der Tafel des Sättigungsdampfdrucks (Wasser) durch Interpolation mit 0,37 mm Hg entnommen und in die Formel eingesetzt.

Es heißt also:

$$R = \frac{0,202 \cdot 100}{0,37} = 54,6\%$$

In das Tagebuch wird $R = 55\%$ eingetragen.

d) Berechnung von Dampfdruck und relativer Feuchte, wenn t' höher als t angegeben ist

$$\begin{aligned} \text{Gegeben sei: } t &= -5,2 \\ t' &= -5,0^\circ \\ b &= 755 \text{ mm} \end{aligned}$$

In diesem Falle ist die Psychrometerdifferenz t_d negativ $= -0,2$. Das Argument $\frac{b}{755}$ fällt hier fort. Es bleibt die vereinfachte Sprung'sche Formel:

$$e = E' - C (-t_d)$$

Die Multiplikation $-C \cdot -t_d$ ergibt einen positiven Wert für das Abzugsglied A , das hier zum Additions glied $e = E' + A$ geworden ist.

Aus den Sättigungsdampfdruck tafeln (Eis) mit $t' = -5,0$ ergibt sich $E' = 3,01$ mm Hg. Aus den Tafeln des Abzugsglieds (Eis) auf Seite 172 ist der Wert A , wie üblich, mit der Psychrometerdifferenz 0,2 und $b = 755$ mm zu entnehmen: $A = 0,086$. So findet man für $e = E' + A$ den Wert:

$$\begin{aligned} E' + A &= 3,01 + 0,086 = 3,096 \\ e &= 3,1 \end{aligned}$$

Die relative Feuchte kann nun in der bereits beschriebenen Weise berechnet werden. Zur Erleichterung der Rechenarbeit benutzt man aber besser die Hilfstafel des Faktors $\frac{100}{E}$ auf Seite 173. Unter Berücksichtigung

der trockenen Temperatur t ist der Wert $\frac{100}{E}$ aus der

Formel $R = e \cdot \frac{100}{E}$ bereits berechnet worden. Bei $t = -5,2^\circ$ findet man den Faktor mit 32,0 angegeben. Dieser Wert ist mit $e = 3,096$ zu multiplizieren, somit $R = 99,072\%$. In das Tagebuch ist $R = 99\%$ einzutragen. Die Sättigung wird also wegen des geringen Dampfdruckes über Eis bereits bei einer relativen Feuchte unter 100% erreicht.

In diesem Beispiel sind die Werte e und R in den ausführlichen Tafeln enthalten, da der Luftdruck mit 755 mm gegeben war. Der Vergleich mit den dort angegebenen Werten $e = 3,1$ und $R = 99$ bestätigt die Rich-

tigkeit der abweichenden Rechnung mit dem „Additionsglied“. Es empfiehlt sich, zum Vergleich die Rechnung $E' - A$ durchzuführen, wobei die Größen $e = 2,9$ und $R = 94$ erheblich gefälscht herauskommen.

Abschließend soll noch einmal erwähnt werden, daß peinlichste Genauigkeit bei der Ablesung der Temperaturen walten muß, da geringe Fehler in der Psychrometer-Differenz falsche Dampfdruckwerte und damit meistens größere Fehler in der Angabe der relativen Feuchte nach sich ziehen.

1.4.2.4. Die Messung der Extremtemperaturen

Als Extremtemperaturen bezeichnet man die höchsten und tiefsten Temperaturen eines Tages. Die Tageshöchsttemperatur wird mit einem speziell konstruierten Quecksilberthermometer, dem Maximumthermometer, gemessen. Es arbeitet nach dem Prinzip des Fieberthermometers, d. h. der Quecksilberfaden bleibt jeweils an der höchst erreichten Temperaturmarke stehen. Durch eine Verengung innerhalb der Kapillare oberhalb des Thermometergefäßes kann bei Temperaturrückgang das Quecksilber der Kapillare nicht in das Gefäß zurückfließen, der Quecksilberfaden reißt ab und bleibt in seiner höchsten Stelle stehen. Erst bei der Neueinstellung wird der Faden durch Schleudern des Thermometers wieder mit dem Quecksilber des Gefäßes vereinigt. Die Skala des Maximumthermometers ist in halbe Grade C eingeteilt.

Die Ablesung und Neueinstellung erfolgt im synoptischen Dienst um 18 Uhr GMT, im Klimadienst um 21 Uhr MOZ (mittlere Ortszeit). Bei der Eintragung der Werte in das Beobachtungstagebuch muß die Instrumentenkorrektur berücksichtigt werden.

Die Tiefsttemperatur wird mit einem Alkoholthermometer gemessen, dessen Gefäß gabelförmig erweitert ist, um eine größere Oberfläche zu erreichen. Dies ist wegen der großen thermischen Trägheit des Alkohols notwendig. Innerhalb des Alkohols befindet sich ein beweglicher Glasstift, der bei absinkender Temperatur durch die Oberflächenspannung des Alkohols mit zurückgezogen wird, bei steigenden Temperaturen jedoch in seiner tiefsten Lage liegen bleibt. So kann man am oberen Ende (bei liegenden Thermometern an der rechten Seite) des Glasstabs die Tiefsttemperatur ablesen. Die Skala des Minimumthermometers ist ebenfalls in halbe Grade C eingeteilt.

Die Ablesung geschieht im synoptischen Dienst um 6 Uhr GMT, die Neueinstellung um 18 Uhr GMT. Im Klimadienst erfolgen Ablesung und Neueinstellung gemeinsam um 21 Uhr MOZ. Auch hier muß bei der Eintragung der Werte in das Beobachtungstagebuch die Instrumentenkorrektur berücksichtigt werden.

Die Messung der Tiefsttemperaturen am Erdboden erfolgt in 5 cm Höhe über unbewachsenem Boden genau so wie die Messung in der Hütte.

1.4.2.5. Die Messung der Erdbodentemperaturen

An bestimmten Stationen werden auch die Temperaturen im Erdboden, und zwar in 2, 5, 10, 20, 50 und 100 cm Tiefe gemessen. Die Temperaturmessung in größeren Tiefen erübrigt sich im allgemeinen, da sich dort die Temperaturen nur sehr langsam und geringfügig ändern. Auf die besondere Form dieser Thermometer wurde bereits unter 1.3.3.j hingewiesen. Alle Thermometer besitzen eine Gradeinteilung von 1/10 Grad C. Die Ablesung erfolgt zu allen 3 Klimaterminen, nur das Thermometer in 100 cm Tiefe wird einmal am Tage, zum Mittagstermin — (14 Uhr MOZ) abgelesen. Auch hier sind die Instrumentenkorrekturen zu beachten.

1.4.3. Wind

1.4.3.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Unter Wind versteht man die nahezu horizontal verlaufende Luftbewegung; der Wind wird nach Richtung und Geschwindigkeit bzw. Stärke bestimmt, ist also physikalisch betrachtet eine Vektorgröße. Wird die Geschwindigkeit der Luftbewegung gemessen (synoptischer Dienst), so spricht man von Windgeschwindigkeit, wird sie geschätzt (Klimadienst), von Windstärke.

1.4.3.2. Windrichtung

Als Windrichtung gilt die Richtung, aus der der Wind weht; ein von Westen kommender Wind heißt Westwind, ein von Osten kommender Ostwind. Soll die Windrichtung zahlenmäßig angegeben werden, so verwendet man im synoptischen Dienst eine Windrose mit 360-Gradeinteilung, von der geographischen Nordrichtung ausgehend:

N = 360 Grad,	abgekürzt 36
E = 90 Grad,	abgekürzt 09
S = 180 Grad,	abgekürzt 18
W = 270 Grad,	abgekürzt 27

Im Klimadienst verwendet man allgemein nur Buchstabenabkürzungen: N = Nord, E = Ost, S = Süd, W = West. Wird zu bestimmten Berechnungszwecken eine Zahlenangabe benötigt, so legt man eine 32-Gradteilung zu Grunde, wobei N = 32, E = 08, S = 16, W = 24 gesetzt wird; die Zahlen für Zwischenrichtungen werden entsprechend eingesetzt (SW = 20, NW = 28 usw.). Die Windrichtung wird durch die Stellung einer Windfahne angezeigt, die sich immer in Windrichtung einstellt. Dabei wird nur noch bei Klimastationen mit der Wild'schen Windfahne gearbeitet, während bei allen synoptischen Stationen an die Windfahne ein elektrischer Windrichtungsanzeiger angeschlossen ist. (Näheres s. Beobachterhandbuch S. 1/6)

1.4.3.3. Windgeschwindigkeit und Windstärke

Die Angabe der Windgeschwindigkeit (im synoptischen Dienst) erfolgt allgemein in Knoten, wobei ein Knoten (kt) = 1 nautische Meile/Stunde = 1853,2 km/Stunde (km/h) ist. Zur Umrechnung der einzelnen Größen gelten folgende Faustregeln:

1 Knoten	≅ 0,5 m/sec
1 Knoten	≅ 2 km/h — 10%
	≅ 1,8 km/h
1 m/sec	≅ 2 Knoten
1 km/h	≅ 0,5 Knoten + 10%
	≅ 0,55 Knoten
1 m/sec	= 4 km/h — 10%
	= 3,6 km/h
1 km/h	= $\frac{1 \text{ m/sec} + 11\%}{4}$

Die Messung erfolgt mit Windmeßgeräten. In seltenen Fällen (Sondermessungen) werden Handanemometer eingesetzt, die allgemein einen 3 oder 4flügeligen Schalenstern (Schalenkreuz) tragen. Mit der Achse ist ein Zählwerk verbunden, das den Windweg unmittelbar in Metern angibt. Man stoppt nun die Zeit zwischen Beginn und Ende der Messung in Sekunden ab und teilt den Windweg durch die Zeit. Das Ergebnis ist die Windgeschwindigkeit in m/sec.

Beim allgemein gebräuchlichen Fernanemometer erzeugt der sich drehende Schalenstern über einem auf gleicher Achse sitzenden kleinen Stromerzeuger einen elektrischen Strom, dessen Spannung von der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängig ist. Durch Kabel wird die elektrische Spannung auf das bis zu 1000 m

entfernte Ablesegerät übertragen, das direkt die Geschwindigkeit in m/sec angibt. Die Umrechnungen in andere Maßeinheiten können mit Tabellen oder mittels o.g. Faustregeln erfolgen.

Im Klimadienst werden zum Anschluß der Werte an solche früherer Zeiten ohne instrumentelle Messungen nur Schätzungen des Windes auf Grund der Beaufortskala (Beaufort, englischer Admiral, 1774 - 1857) angegeben. Die Skala selbst und alle Beziehungen zur Geschwindigkeitsangabe sind im Beobachterhandbuch, S. 1/2 und 1/3, sowie in der Anleitung, Klimabeobachtung, S. 25, angegeben, eine Wiederholung an dieser Stelle erübrigt sich deshalb.

1.4.3.4. Böigkeit

Der Bodenwind ändert seine Richtung und Stärke ständig. Erreichen diese Änderungen in kurzer Zeit größere Ausmaße, so spricht man von Böigkeit des Windes. Der Wind wird dann als böig bezeichnet, wenn innerhalb von 20 sec Windstöße auftreten, die die mittlere Windgeschwindigkeit um 10 Knoten oder mehr überschreiten. In der Wettermeldung wird stets das letzte 10-Minutenmittel gegeben, die Böen werden gesondert gemeldet und verschlüsselt (s. u. Abschn. 2). Beschränkt sich die Böigkeit auf eine kurze Zeitspanne von wenigen Minuten, so spricht man nicht von einem böigen Wind, sondern von markanten Windböen, die ebenfalls gesondert gemeldet werden.

1.4.4. Die Sicht

1.4.4.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Unter Sicht versteht man das sichtbare Erkennen eines Gegenstandes. Sie hat eine große Bedeutung im täglichen Leben, vor allem das Verkehrswesen wird durch die Sichtverhältnisse beeinflusst. Deshalb ist auch die Bestimmung der Sicht oder besser der Sichtweite eine Aufgabe des Wetterdienstes. Die Sichtweite ist abhängig von der Lufttrübung, den Beleuchtungsverhältnissen, von der Bewölkung, von der Art des Sichtziels und seinem Hintergrund sowie bei Schätzungen auch von den Eigenschaften des Beobachters. Den größten Einfluß auf die Sichtweite hat die Lufttrübung. Die Luft enthält fast stets kleine feste und flüssige Bestandteile, welche die Sichtstrahlen durch Streuung (Beugung) und Reflexion schwächen. Je größer die Menge derartiger Teilchen (der sogenannten Aerosole) ist, desto stärker ist die Trübung und desto geringer die Sichtweite. Ferner ist wichtig die Beleuchtung des Ziels, ob Tages- oder Nachthelligkeit herrscht. Als Sichtziele (Sichtmarken) sollen Gegenstände ausgewählt werden, deren scheinbare Größe (Sichtwinkel) 0,5 bis 5 Grad betragen soll, und die sich dunkel vom hellen Untergrund abheben. Für jede Station ist eine größere Anzahl von Sichtmarken in verschiedenen Entfernungen festzulegen und in einer Sichtmarken-Bildtafel einzutragen. Über Einzelheiten bei der Sichtbestimmung ist näheres im Beobachterhandbuch (S. 2/1 ff.) und in der Anleitung Klimabeobachtung zu erfahren.

1.4.4.2. Sichtbegriffe im synoptischen- und Flugwetterdienst

a) Meteorologische Sicht

Die meteorologische Sicht bei Tage ist die größte horizontale Entfernung, bis zu der der dunkle Gegenstand gegen den Horizont gerade noch als solcher (als Haus, Turm, Baum, Berge usw.) erkannt werden kann. Die Angabe erfolgt in Metern bzw. Kilometern.

b) Feuersicht

Unter Feuersicht versteht man die horizontale Entfernung, in der normale weiße (nicht farbige) Lampen noch zu erkennen sind. Sie wird nur nachts gegeben.

c) Runway visual range (Landebahnsicht)

Im Flugwetterdienst ist die Landebahnsicht (RVR), falls für den Flugbetrieb erforderlich, zu bestimmen, wenn die Sichtweite (VV) auf 1500 m oder darunter abgesunken ist. Die Landebahnsicht ist die größte Entfernung entlang einer Landebahn oder eines Landestreifens an einem Flugplatz, bis zu der Hochleistungslampen bei Einschaltung der größten Intensitätsstufe vom Anfangspunkt einer Landebahn in Landerichtung gesehen werden können.

Die Angaben erfolgen bis 500 m in 50-m-Stufen, über 500 m bis 1500 m in 100-m-Stufen.

d) Schrägsicht

Die Schrägsicht von einem Turm oder Luftfahrzeug aus ist die größte Entfernung aus der Luft zum Boden hin, in der ein markantes Ziel gerade noch erkannt werden kann. Als Entfernung gilt hierbei der Horizontalabstand vom Fußpunkt des Beobachters zum Sichtziel (Projektion des Sichtstrahls auf die Ebene).

e) Vertikalsicht

Die Vertikalsicht ist die Sicht senkrecht nach oben. Sie ist schwer zu schätzen und wird meist dadurch gemessen, daß ein mit bekannter Steiggeschwindigkeit hochsteigender Ballon so lange verfolgt wird, bis er unsichtbar wird. Aus der abgestoppten Steigzeit läßt sich die Höhe berechnen (Steigzeit mal Steiggeschwindigkeit). Die Vertikalsicht wird nur dann gegeben, wenn die Untergrenze der tiefsten Wolken z. B. wegen Nebel nicht feststellbar ist.

1.4.4.3. Sichtbegriffe im Klimadienst

a) Natürliche Sicht

Die natürliche Sichtweite gibt an, wie weit ein Beobachter am Tag und auch in der Nacht in horizontaler Richtung ohne künstliche Beleuchtung sehen kann. Am Tag sind natürliche und meteorologische Sicht gleich. Nachts ist die natürliche Sichtweite abhängig von der Beleuchtungsstärke des Beobachtungsgeländes, ob Mondschein herrscht oder nicht, ob geringe oder starke Bewölkung vorhanden ist usw. Einen starken Einfluß hat auch eine geschlossene Schneedecke.

b) Feuersicht

Die Definition und Bestimmung der Feuersicht ist die gleiche wie im synoptischen Beobachtungsdienst.

c) Ungewöhnliche Fernsicht

Bei ungewöhnlicher Fernsicht ist die Luft fast frei von trübenden Teilchen. Die Sichtmarken in mehr als 50 km Entfernung sind dann in Einzelheiten ohne Verschleierung in voller Deutlichkeit und Härte erkennbar. Bei Sichtweiten unter 50 km spricht man nicht von ungewöhnlicher Fernsicht.

1.4.4.4. Die Messung der Sicht

Die Feststellung der Sichtweite erfolgt heute noch allgemein durch Augenbeobachtung an Hand von Sichtmarken. Seit einigen Jahren werden jedoch Geräte entwickelt, welche die Sichtweite objektiv messen sollen. Sie beruhen auf dem Prinzip der Trübungsmessung, wobei die Schwächung eines ausgesandten Lichtstrahls entlang einer festen Basisstrecke photoelektrisch bestimmt wird. Ein solches Gerät ist z. B. das Transmissometer mit einer Basisstrecke von 150 m. Der objektiven

Sichtmessung stehen noch Schwierigkeiten entgegen. Während der Beobachter die Sicht in allen Richtungen und allen Entfernungen feststellen kann, beschränkt sich die Messung auf nur eine Richtung und auf die dünne Luftschicht der Meßstrecke (150 m). Die Messungen können deshalb nicht für einen größeren Bereich repräsentativ sein. Ferner ist die Konstanz der Photozellenempfindlichkeit noch nicht gesichert, so daß häufige Nacheichungen erforderlich sind. So hat die Erfahrung gezeigt, daß den Augenbeobachtungen z. Z. noch der Vorzug vor den Sichtmessungen zu geben ist, die aber bereits vielfach neben den Sichtschätzungen durchgeführt werden.

1.4.5. Die Wolkenbeobachtung

1.4.5.1. Zweck und Bedeutung der Wolkenbeobachtung

Wolkenbeobachtungen werden im Rahmen der Klima-beobachtung, der synoptischen Beobachtung und der Aero-Beobachtung im Flugwetterdienst durchgeführt. Zweck und Bedeutung dieser drei Wolkenbeobachtungen sind grundverschieden.

Klimatisch gesehen sind die Wolken ein wichtiges Glied im Wasser- und Wärmehaushalt der Erde. In ihnen sind in fester und flüssiger Form große Wassermengen enthalten. Ohne Wolken gibt es keine fallenden Niederschläge. Sie vermindern die direkte Sonneneinstrahlung und die Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche in den Weltraum und damit die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen. Im Bildungsstadium bedeuten sie eine bedeutende Wärmequelle, da die bei der Kondensation frei werdende Kondensationswärme rund 600 cal pro Gramm Wasser beträgt.

Im synoptischen Dienst ist die Wolkenbeobachtung durch ihren großen Aussagewert über den Zustand und die Vorgänge in der Atmosphäre (indirekte Aerologie) für die Analyse und Prognose des Wetters von Bedeutung.

Im Flugwetterdienst trägt die Wolkenbeobachtung hauptsächlich zur Sicherung der Luftfahrt bei. Für Start und Landung und für VFR-Flüge (VFR = visual flight rules, Sichtflugbedingungen) sind Mindesthöhen der Wolkenuntergrenzen vorgeschrieben. Den Flugzeugführer interessieren die Höhen der Wolkenschichten und ihr Bedeckungsgrad, da sich daraus die Horizontal- und Erdsicht ergeben, ferner die Ausweichmöglichkeiten bei Vereisung und das Vorkommen von Cumulonimben mit Gefahren wie Vereisung, starke Turbulenz, Hagel und Blitzschlag. Zu einer Wolkenbeobachtung gehören:

- 1) Die Klassifizierung der Wolken
- 2) Der Bedeckungsgrad
- 3) Die Höhe der Wolkenuntergrenze
- 4) Die Wolkenzugrichtung

1.4.5.2. Die Klassifizierung der Wolken

Die Wolkenbeobachtung beginnt mit der Klassifizierung der vorhandenen Wolken in Gattungen, Arten, Unterarten, Sonderformen, Begleitwolken und Mutterwolken. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der im „Internationalen Wolkenatlas“ dafür festgelegten Merkmale, außerdem eine fortlaufende Beobachtung des Himmelsbildes. Unter Berücksichtigung der Vorentwicklung läßt sich oft eine verdeckte Wolke leichter einordnen, da sie infolge verschiedener Zuggeschwindigkeit zeitweise besser sichtbar wird. Grundsätzlich sollen verdeckte Wolken so angegeben werden, als wären die darunter liegenden nicht vorhanden.

Zweckmäßigerweise stellt sich der Beobachter beim Klassifizieren der Wolken folgende Fragen:

- 1) Welche Gattungsmerkmale besitzt die Wolke,
 - a) in Bezug auf die räumliche Verteilung, Höhe und Stockwerk,
 - b) in Bezug auf die Art ihrer Bestandteile, ob Wasserwolke, Eiswolke oder Mischwolke,
 - c) in Bezug auf ihre Niederschlagsformen?
- 2) Welches der möglichen Artenmerkmale besitzt die festgelegte Gattung?
- 3) Welche der möglichen Unterartenmerkmale sind zu erkennen?
- 4) Ist die Gattung aus einer anderen (Mutterwolke) entstanden?
- 5) Ist eine Sonderform oder Begleitwolke vorhanden?

Soweit es der Platz im Tagebuch erlaubt, sollten alle diese Angaben eingetragen werden, mindestens aber soweit es für die Wolkenverschlüsselung wichtig ist. Außer beim Nimbostratus sollte die Gattung nie allein angegeben sein.

1.4.5.3. Der Bedeckungsgrad

Der Bedeckungsgrad wird im synoptischen Beobachtungsdienst und im Flugwetterdienst in Achtel, im Klimadienst in Zehntel angegeben. Man unterscheidet folgende Bedeckungsgrade:

- a) Einzelbedeckung
- b) Gesamtbedeckung des Himmelsgewölbes (N)
- c) Gesamtbedeckung der C_L - bzw. C_M -Wolken (N_h)
- d) Gesamtbedeckung einer Wolkenschicht (N_s).

Zu a) Einzelbedeckung

Beim Einordnen der Wolken in Gattungen und Arten wird gleichzeitig ihr Einzelbedeckungsgrad und ihre Höhe geschätzt. Beispiel: 4 Sc str, 1 Sc len 1800.

Kommen dieselben Gattungen und Arten in verschiedenen Höhen vor, so ist ihr Einzelbedeckungsgrad nach der Höhe getrennt anzugeben.

Beispiel: 3 Ac str 2700, 7 Ac str 6000.

Die Summe aller Einzelbedeckungen kann über 8 betragen, wenn höhere Wolkenschichten von tieferen verdeckt werden. Es ist der Bedeckungsgrad der höheren Wolke dann so zu schätzen, als wären die tieferen Wolken nicht vorhanden. Dazu ist eine dauernde Beobachtung des Himmelsbildes erforderlich. Bei Nebel mit Himmelsicht wird nur der Teil des Himmels beachtet, der durch den Nebel erkennbar ist. Sind dort keine Wolken sichtbar, dann wird wolkenlos notiert, selbst wenn nur ein Achtel des Himmels erkennbar ist. Wenn aber Wolken vorhanden sind, muß der Bedeckungsgrad so gut wie eben möglich geschätzt werden, und zwar so, als wäre der ganze Himmel frei. Bei dichtem Nebel, Sandsturm usw. ist der Bedeckungsgrad nicht angebar. Bei der Unterart perlucidus kann er nie 8 Achtel sein. Der obere Eisschirm des Cumulonimbus ist ein Bestandteil dieser Wolke und muß beim Bedeckungsgrad des Cb mitberücksichtigt werden, auch wenn er über die Basis hinausragt.

Zu b) Gesamtbedeckung des Himmelsgewölbes (N)

Die Gesamtbedeckung N kann nur kleiner oder gleich der Summe der Einzelbedeckungen sein. Ihr Betrag wird zweckmäßigerweise so ermittelt, daß man sich bei starker Bewölkung die blauen Lücken zusammengeschoben denkt und ihren Betrag von 8 Achteln abzieht.

Bei geringer Bewölkung denkt man sich die mit Wolken bedeckten Teile des Himmelsgewölbes zusammengeschoben und hat dann den Gesamtbedeckungsgrad. Man kann sich die Schätzung erleichtern, wenn man das

Himmelsgewölbe in 4 gleich große Quadranten einteilt und für jeden den Bedeckungsgrad getrennt bestimmt und dann die Summe bildet.

Zu c) Gesamtbedeckung der C_L - bzw. C_M -Wolken (N_h)

Sie wird für die Verschlüsselung von N_h in der synoptischen Wolkengruppe benötigt. Für ihre Schätzung gelten sinngemäß dieselben Richtlinien wie für den Gesamtbedeckungsgrad N , aber nur in Bezug auf die C_L -Wolken, wenn keine C_L -Wolken vorhanden sind, in Bezug auf die C_M -Wolken. Da der Eisschirm des Cumulonimbus über seine Basis hinausragen kann, ist es trotz 8 Achtern Cb ($N_h = 8$) möglich, daß mittelhohe Wolken unter dem Eisschirm zu beobachten sind, die dann auch verschlüsselt werden müssen.

Zu d) Bedeckungsgrad einer Wolkenschicht (N_s)

Darunter versteht man den Bedeckungsgrad aller Wolken mit gleicher Höhe der Wolkenuntergrenze. N_s ist darum immer gleich der Summe der Einzelbedeckungen aller Wolken mit gleicher Basishöhe. Der Bedeckungsgrad N_s wird zur Verschlüsselung der Achtergruppe benötigt. Auch für N_s gilt, daß der Eisschirm des Cb mit der Wolke zählt.

All diese Bedeckungsgrade werden in Horizontnähe überschätzt, besonders bei vertikal entwickelten Wolken, da dort die Wolkenlücken infolge Kulissenwirkung verdeckt werden. Außerdem muß man bedenken, daß der horizontnahe Teil des Himmelsgewölbes nur einen geringen Bruchteil von meist weniger als ein Achtel des Gesamtgewölbes ausmacht.

Ist die Erkennung der horizontnahen Bewölkung nicht möglich, dann begeht man keinen schwerwiegenden Fehler, wenn man den Beobachtungswinkel gegenüber dem Horizont etwas anhebt und das darunter liegende Himmelsgewölbe unberücksichtigt läßt. In mondlosen Nächten ist die Schätzung des Bedeckungsgrades besonders schwierig, da helle Sterne durch die Schleier von Cirrus und Cirrostratus sichtbar bleiben und wolkenfreie Räume vortäuschen. Darum muß der Beobachter sein Auge erst an die Dunkelheit gewöhnen und nicht in der Nähe von Lichtquellen beobachten.

1.4.5.4. Höhe der Wolkenuntergrenze

Unter der Höhe der Wolkenuntergrenze versteht man die Höhe über Grund am Beobachtungsort, an Flugplätzen über der offiziellen Flugplatzhöhe. Es sollen grundsätzlich alle Wolkengrenzen mit den zugehörigen Gattungen, Arten usw. in der Beobachtung enthalten sein, da dies für die Wolkenverschlüsselung in der Achtergruppe wichtig ist. Die Höhe der Untergrenze der tiefsten Wolkenschicht mit mehr als 4 Achtern Bedeckung ist die Hauptwolkenuntergrenze, die auch als „ceiling“ bezeichnet wird.

Die Höhe der Wolkenuntergrenze wird entweder geschätzt, oder vor allem auf Flugplätzen gemessen.

Schätzung der Höhe der Wolkenuntergrenze

Die geschätzte Höhe der Wolkenuntergrenze ist die niedrigste Höhe, bis zu welcher die beobachtete Wolke herabzureichen scheint. Hilfsmittel für die Schätzung der Wolkenhöhe sind:

a) Berge, Türme, hohe Gebäude, Flugzeuge in der Luft. Die topographischen Besonderheiten der Berge und ihre Gipfelhöhe können die Höhenangaben von Wolken wesentlich erleichtern, wenn sie aus Vermessungskarten entnommen sind und in einer Skizze oder Tabelle am Beobachtungsplatz vorliegen. Dasselbe gilt für Türme und hohe Gebäude. Bei Bergen muß man allerdings beachten, daß sich die Wolkenuntergrenze auf der Luvseite durch Stau oft senkt und auf der Lee-seite durch Föhnwind hebt. Geländepunkte in größte-

rer Entfernung von der Station sind darum oft nicht mehr repräsentativ für die Beobachtungsstation und sollten nur bei eindeutig gleichförmigen Wolkenverhältnissen herangezogen werden.

b) Das Cumuluskondensationsniveau

Bei den thermischen Konvektionswolken Cumulus und Cumulonimbus, also vorwiegend in der wärmeren Jahreszeit und tagsüber, soll die geschätzte Wolkenhöhe mit dem Kondensationsniveau übereinstimmen, das sich nach folgender Formel aus der Hüttentemperatur TT und dem Taupunkt T_dT_d ergibt:

$$H_f = 400 (TT - T_dT_d) \text{ in Fuß}$$

$$H_m = 125 (TT - T_dT_d) \text{ in Meter}$$

Beispiel: Für $TT = 20^\circ$, $T_dT_d = 10^\circ \text{ C}$

ergibt sich $H_f = 4000$ Fuß bzw. 1250 m.

Diese Formel ergibt eigentlich das Hebungskondensationsniveau; sie gilt aber nicht nur für Hebung-Cu oder -Cb an Bergen, sondern auch für Cu und Cb, die durch Bodenthermik entstanden sind, denn bei ihrem Auftreten ist die Schichtung unter der Wolke trocken — adiabatisch, und es stimmen dann das Hebungs- und Konvektionskondensationsniveau überein.

Die Cumulushöhe, die sich aus obiger Formel ergibt, liegt meist tiefer als die wahre Wolkenhöhe. Sie gilt nur für unvermischt aufsteigende Luft, was bei der Cumulusbildung aber nicht ganz der Fall ist. Die aufsteigenden Warmluftblasen erzeugen einen Sog und saugen trockenere Luft aus der Umgebung an, mit der sie sich dann vermischen. Dadurch wird die Sättigung verzögert und das Kondensationsniveau erhöht.

c) Temp

Ein für den Beobachtungsort repräsentativer Temp kann ebenfalls als Hilfsmittel zur Schätzung der Wolkenhöhe dienen. In Wasser- und Mischwolken beträgt die relative Feuchte 100% oder ist die Differenz zwischen der Temperatur TT und dem Taupunkt T_dT_d gleich oder fast Null. Die Wolkenuntergrenze macht sich in einer markanten Abnahme, die Wolkenobergrenze in einer markanten Zunahme der Taupunktsdifferenz bemerkbar. Das gilt auch für reine Eiswolken. Die Taupunktsdifferenz kann aber infolge des geringen Sättigungswertes über Eis 3° bis 5° C betragen.

Die Höhe von Inversionen im Temp stimmt häufig mit der Obergrenze von Sc str, Ac str und Cc str überein. Diese Wolken sind meist nur wenige 100 m mächtig, so daß ihre Untergrenze etwas unter der Inversion liegt.

d) Aussehen der Wolke und statistische mittlere Wolkenhöhen

Wenn man die Wolkengattung durch ihr Aussehen, ob Wasser-, Eis- oder Mischwolken, durch den Niederschlag und sonstige Merkmale richtig erkannt hat, bleibt für die Wolkenklassifikation nur noch die Bestimmung des entsprechenden Wolkenstockwerks. Durch die Auswertung von Flugzeugmeldungen haben sich für verschiedene Gattungen folgende mittlere Wolkenhöhen ergeben:

Cirrus:	höchste Wolke, häufigste Höhe der Unter- grenze 2000 m unter der Tropopause (7000 — 13 000 m, selten unter 7000 m).
Cirrocumulus:	im allgemeinen etwas tiefer als Ci, meist 7000 — 12 000 m, selten unter 6000 m.
Cirrostratus:	im allgemeinen tiefste Eiswolke, meist 6000 — 10 000 m, selten unter 6000 m.
Altostratus:	bevorzugte Höhen nach ausgewerteten Wetterflügen 3900 m und 2700 m.
Nimbostratus:	bevorzugte Höhen nach ausgewerteten Wetterflügen 500 — 1700 m.

Die richtige Bestimmung der Wolkengattung ist vor allem nachts oft der einzige Anhaltspunkt für eine befriedigende Schätzung der Wolkenhöhe. Verständnis für die Wetterlage und eine eingehende, fortlaufende Beobachtung des Wetters sind hierbei für die Beurteilung sehr wichtig, ob die Wolkenuntergrenze unverändert bleibt, oder ob sie sich hebt oder senkt. Absinken macht sich häufig durch Auftreten von Kontrasten in der Wolkendecke bemerkbar. Vor herannahenden Fronten, vor allem Aufgleitfronten, erfolgt normalerweise ein stetiges Absinken der Wolkenuntergrenze. Einsetzender Niederschlag ist meist mit einem sprunghaften Absinken verbunden. Nach dem Frontdurchgang und vor allem nach Beendigung des Niederschlages steigt die Wolkenuntergrenze wieder an.

e) Kondenssstreifen

Kondenssstreifen bleiben bei Temperaturen über -43° bis -45° nicht erhalten. Ihre Höhe beträgt darum im Winter über 8000 m, im Sommer über 10 000 m. Unter Berücksichtigung dieser Mindesthöhe lassen sich Cirruswolken, bei denen eine richtige Höhenschätzung besonders schwierig ist, manchmal leichter einschätzen. Normalerweise werden Cirruswolken zu tief geschätzt.

f) Messung der Höhe der Wolkenuntergrenze

Da die Höhe der Hauptwolkenuntergrenze, besonders bei tiefen Wolken, für Start und Landung von Luftfahrzeugen aus Sicherheitsgründen sehr wichtig ist, wird sie auf Flugplätzen meist gemessen. Die Messung erfolgt mit:

- 1) Pilotballon (bis zu einer Wolkenuntergrenze von 1000 Fuß)
- 2) Wolkenscheinwerfer
- 3) Ceilometer

Bei der Ballonmessung ist die Wolkenhöhe die Höhe, bei welcher der Ballon in die Wolke eintritt und sich zu trüben beginnt. Beim Nachtwolkenscheinwerfer ist es die Höhe der unteren Grenze des Lichtfleckes, der durch die diffuse Zerstreuung des Scheinwerferlichtes durch die Wolkentröpfchen entsteht. Beim Ceilometer gibt es zwei Arten. Entweder wird ähnlich wie beim Wolkenscheinwerfer der Höhenwinkel gemessen, wenn die Photozelle des Empfängers auf den Auftreffpunkt des Senderstrahls gerichtet ist und die Wolke einen Lichtimpuls reflektiert (Frügel, Siemens), oder es wird die Laufzeit eines Lichtimpulses, der senkrecht vom Sender zum Lichtfleck an der Wolkenuntergrenze und zurück zum unmittelbar daneben stehenden Empfänger läuft, gemessen und am Anzeigegerät direkt in Höhen umgesetzt abgelesen bzw. registriert.

1.4.5.5. Wolkenzugrichtung

Vor allem bei hohen Wolken ist die Wolkenzugrichtung oft eine brauchbare Ergänzung der spärlichen Höhenwindmessungen. Die Wolkenzugrichtung ist die Richtung, aus der die Wolke oder der Wind kommt. Sie wird nur nach der achteiligen Skala angegeben und am besten mit dem Wolkenspiegel bestimmt. Er besteht aus zwei rückseitig aneinandergelegenen Spiegeln, von denen jeder eine Einteilung trägt, entweder nach der 360-Grad-Skala des Kreises oder den Richtungen (und Zwischenrichtungen) der Windrose. Der eine der beiden Spiegel ist silberglänzend und wird bei nur schwach beleuchteten Wolken verwendet, der andere ist schwarzglänzend und wird bei hell beleuchteten Wolken benutzt.

Zur Beobachtung wird der Spiegel waagrecht aufgelegt und zunächst so orientiert, daß seine Südmarke nach Norden zeigt. Auf diese Weise kann die Zugrich-

tung der Wolken unmittelbar abgelesen werden. Dann sucht der Beobachter im Spiegel einen bestimmten, leicht zu verfolgenden markanten Punkt der zu beobachtenden Wolke aus, die möglichst in der Nähe des Zenits stehen soll. Wesentlich ist, daß der Wolkenpunkt seine Form beibehält. Der Beobachter bringt seinen Kopf so in eine feste Stellung zum Spiegel, daß der senkrechte Abstand seines Auges von der Spiegeloberfläche etwa 30 cm beträgt. Um eine ruhige und sichere Stellung des Kopfes zu gewährleisten, ist dem Wolkenspiegel eine sogenannte Kinnstütze beigegeben. Wenn sie fehlt, wird der Kopf einfach fest in beide Hände gestützt, so daß das Auge bei der Verfolgung des Wolkenpunktes in unveränderter Lage zum Spiegel bleibt.

In der angegebenen Haltung des Auges wird der Weg des ausgesuchten markanten Wolkenpunktes vom Mittelpunkt des Spiegels zum Spiegelrand verfolgt. Dabei wählt man als Ausgangspunkt am besten den Schnittpunkt des Wolkenweges mit dem auf dem Spiegel eingetragten engsten Kreis. Man beobachtet dann die Schnittpunkte mit dem äußeren Kreis oder mit dem Spiegelrand. Die Verbindungslinie der Schnittpunkte gibt die Richtung des Wolkenzuges an, die am Spiegelrand abgelesen werden kann. Gleichzeitig mit der Bestimmung der Richtung des Wolkenzuges wird mit Hilfe einer Stoppuhr die Zeit gemessen, die der Wolkenpunkt zur Zurücklegung des Weges von dem einen zum anderen Kreis benötigt. Hieraus läßt sich bei bekannter Wolkenhöhe die Geschwindigkeit des Wolkenzuges berechnen. Die Bestimmung der Geschwindigkeit erfolgt nach der Formel:

$$v = \frac{s \cdot H}{h \cdot t}, \text{ wobei}$$

v = gesuchte Geschwindigkeit in m/sec,

H = Wolkenhöhe über Grund in m,

t = gestoppte Zeit in Sekunden,

h = senkrechter Abstand des Auges von der Spiegeloberfläche in m,

s = Abstand der Schnittpunkte auf den beiden Kreisen in m, der auf dem Wolkenspiegel 3 cm beträgt.

Da der Abstand h gewöhnlich 30 cm beträgt, vereinfacht sich die obige Formel zu

$$v = \frac{H}{10 \cdot t} \quad (v \text{ in m/sec}) \text{ oder } v = \frac{3,6 \cdot H}{10 \cdot t} \quad (\text{km/h}).$$

Die Genauigkeit dieser Wolkenzuggeschwindigkeit hängt fast ausschließlich von der Bestimmung der Wolkenhöhe ab. Um diesem Mangel aus dem Wege zu gehen, wird bei der Übermittlung der Messungen im Neph-Schlüssel nicht die wahre Geschwindigkeit der Wolke übermittelt, sondern ihre Relativgeschwindigkeit v_r (bezogen auf 1000 m Höhe), d. h. die Geschwindigkeit, die die Wolke hätte, wenn sie 1000 m hoch wäre. Sie ergibt sich, wenn man in obiger Formel $H = 1000$ m einsetzt:

$$v_r = \frac{360}{t} \quad (\text{km/h}).$$

1.4.6. Das gegenwärtige Wetter (ww)

1.4.6.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Unter gegenwärtigem Wetter (im Wetterschlüssel als ww bezeichnet) versteht man den vom Beobachter während der Zeitspanne der Beobachtung festgestellten Wetterzustand, d. h. während der letzten 10, höchstens 15 Minuten vor der Abgabezeit der Meldung. Es werden Aussagen gemacht über alle Wettererscheinungen wie Nebel, Niederschlag, Gewitter usw.

1.4.6.2. Feststellung der richtigen ww-Zahl (im synoptischen Dienst)

Im Wetterschlüssel gibt es für die Verschlüsselung des gegenwärtigen Wetters (Wetter zur Zeit der Beobachtung) ww 10 Dekaden, die den Haupttypen des Wetters entsprechen. Man wählt zuerst die Dekade aus, die am besten zum Wetterzustand paßt. Dann erst bestimmt man innerhalb der Dekade (wieder 10 Möglichkeiten) die ww-Zahl, die den Wetterzustand genau charakterisiert. Es stehen also $10 \times 10 = 100$ Zahlen und damit 100 Aussagemöglichkeiten zur Verfügung.

Die ersten 50 Zahlen (00—49) geben das Wetter ohne Niederschlag, die letzten 50 Zahlen (50 bis 99) das Wetter mit Niederschlag an. Es kommt vor, daß für einen Wetterzustand mehrere Beschreibungen in der ww-Tabelle zutreffen; in diesen Fällen wählt man immer die höchste ww-Zahl. Tritt z. B. Nebel und Regen gleichzeitig auf, (Nebel = Dekade 4, Regen = Dekade 6), so meldet und verschlüsselt man das Wetter nach einer ww-Zahl der Dekade 6. Eine wichtige Ausnahme muß beachtet werden: ww = 17 (Gewitter, aber kein Niederschlag an der Station) hat Vorrang vor ww = 20 — 49.

Um die Verschlüsselung von Wettererscheinungen zu erleichtern, sei hier auf einige Schlüsselvorschriften hingewiesen:

a) Sichttrübung durch Dunst:

1) Trockener Dunst: ww = 05:
Trübung durch Lithometeore (Ansammlung von festen, nicht aus Wasser bestehenden Teilchen der Luft in schwebender oder hochgewirbelter Form), nur wenn die rel. Feuchte 79% und weniger beträgt und die Sichtweite zwischen 1 — 5 km liegt.

2) Feuchter Dunst: ww = 10:
Trübung meist durch Wassertröpfchen oder Eisteilchen, nur wenn die rel. Feuchte 80% und mehr beträgt und die Sichtweite zwischen 1 — 8 km liegt.

b) Sichttrübung durch Nebel:

1) ww = 11 und 12:
flacher Bodennebel, bzw. Nebelschwaden oder Nebelbänke, bis etwa 2 m hoch; hier soll die Sicht innerhalb der Nebelschicht weniger als 1000 m betragen. Die unter VV gegebene Sicht ist bei ww 11 bzw. 12 größer als 1000 m.

2) ww = 40:
Nebel im Gesichtskreis, aber nicht an der Beobachtungsstation. Sicht innerhalb der Nebelbank weniger als 1000 m, die bei ww 40 gegebene Sicht VV kann größer als 1000 m sein.

3) ww = 41:
Schwaden von Nebel, auch hier kann die Sichtweite VV größer als 1000 m sein.

Die Angaben ww 40 und ww 41 machen bei der Verschlüsselung von Nebel eine Ausnahme, da die Sicht VV bei Nebel der Schlüsselziffern ww 42 — 49 immer weniger als 1000 m beträgt. Bei der Beobachtung von Nebel der Ziffern ww 42 — 49 ist noch darauf zu achten, ob der Himmel erkennbar ist oder nicht, d. h. ob man Wolken erkennen kann, bzw. ob es wolkenlos ist, oder ob der Himmel durch den Nebel nicht zu erkennen ist.

Mit der Verschlüsselung von ww 50 — 99 ist an der Beobachtungsstation immer Niederschlag verbunden, entweder in flüssiger oder in fester Form.

c) Niederschlag:

1) ww = 50 — 59:
Sprühregen (Niesel), ein sehr feiner Regen, der in der Luft zu schweben scheint, z. T. mit Regen gemischt, Sprühregen aber vorherrschend.

2) ww = 60 — 69:

Regen, z. T. mit Schnee vermischt, Regen aber vorherrschend.

3) ww = 70 — 79:

fester Niederschlag (Schnee, Grieseln, Eiskörner).

4) ww = 80 — 90:

Niederschlag als Schauer (Regen, Schnee, Graupeln, Hagel).

5) ww = 91 — 99:

Regen, Schnee, Graupeln oder Hagel mit einem Gewitter oder nach einem Gewitter.

Bei der Verschlüsselung von ww 50 — 79 ist besonders zu achten auf:

Niederschlagsart und Niederschlagsform,
Niederschlagsstärke (leicht, mäßig, stark),
Niederschlag mit oder ohne Unterbrechung.

Näheres zu diesen drei Punkten ist im Beobachterhandbuch für Meldestellen des synoptischen Dienstes, Teil 7, enthalten. Bei der Verschlüsselung von ww 80 bis 99 ist auf die Stärke der Niederschläge und auf die Intensität der Gewitter zu achten. Für die Eintragung in das Beobachtungstagebuch bzw. den Beobachtungstagebogen ist die genaue Zeitangabe für Beginn und Ende einer Wettererscheinung besonders wichtig.

1.4.6.3. Angabe des gegenwärtigen Wetters im Klimadienst

Im Gegensatz zu der Verschlüsselung des gegenwärtigen Wetters im synoptischen Dienst entfallen im Klimadienst die Angaben nach der ww-Tabelle. Die Angabe wird in wesentlich einfacherer Form durchgeführt, da hier nur drei Beobachtungstermine (7, 14, 21 Uhr MOZ) zur Verfügung stehen.

Es werden nur zwei Angaben über das Wetter gemacht:

- 1) Zum Beobachtungstermin durch Anhang von Symbolen an die Bewölkungsmenge
- 2) In den Bemerkungen genaue Angaben über Art, Stärke, Beginn und Ende der Erscheinung.

Die Gewitterbeobachtungen sind zusätzlich am Ende des Tagebuches genau einzutragen.

Zu 1) Zu den Terminbeobachtungen sind lediglich Regen, Schneefall, Hagel, Graupel, Nebel, Gewitter und Sonnenschein anzugeben. Hierzu werden nur folgende Zeichen verwendet:

☉ ✱ ▲ △ ≡ ☐ ○, die der Zahl für die Bewölkungsmenge angefügt werden, z. B.

10 ☉ oder 9 ✱

(s. Anleitung Klimabeobachtung, S. 7).

Gleichzeitig wird die Dichte der Bewölkung durch eine hochgestellte, klein geschriebene Zahl gekennzeichnet, die ebenfalls der Zahl für die Bewölkungsmenge angefügt wird:

0 = dünne Wolken
1 = mäßig dichte Wolken
2 = sehr dichte Wolken.

Für die Beobachtung:

Bewölkungsmenge: ganz bedeckt
Bewölkungsdichte: mäßig dichte Wolken
Wettererscheinungen: Regen

lautet die richtige Eintragung:

10¹ ☉

Zu 2) Diese Angaben werden im Klimatagebuch unter Bemerkungen gemacht. Hier sind die Wettererscheinungen möglichst genau einzutragen, ganz besonders ist der Beginn und das Ende einer Erscheinung sehr wichtig (für Gutachten usw.). Für diese Eintragungen sind die nachstehend wiedergegebenen Symbole für Wettererscheinungen zu verwenden:

	Sonnenschein	9	Nieseln
	Regen	*	Schnee
	Regentropfen	☒	Schneedecke
	Hagel	*fl	Schneeflocken
	Schauer	+	Schneefegen
	Frostgraupeln	+	Schneetreiben
	Eiskörner	*†	Schneegestöber
	Grieseln	<	Wetterleuchten
	Regen und Schnee	<	Elmsfeuer
	Tau	△	Nordlicht
	Taubeschlag	⊥	Donner
	Reif	⋈	Gewitter über der Station
	Frostbeschlag	(⋈)	Gewitter in der Umgebung der Station
	Eisnadeln	⊕	Sonnenring
	Glatteis	⊙	Sonnenhof
	Glatteisdecke am Boden	◐	Mondring
	Rauhreif	◑	Mondhof
	Rauh frost	∩	Regenbogen
	Rauheis	ℳ	Fernsicht (ungewöhnliche)
	Dunst (trocken)	≡	Wind (starker)
=	Dunst (feucht)	≡	Wind (stürmischer)
≡	Nebel	▽	Böen (markante)
≡	Nebel (nässender)	⊗	Kleintrombe
≡	Nebel (seichter Nebel)	⋈	Großtrombe
≡	Bodennebel	⊖	Sandsturm
≡ ober ≡ trüb	Nebeltreiben	~	Regen (gefrierend)
Tal≡	Talnebel	~	Nieseln (gefrierend)
≡ meer	Nebelmeer		

1.4.7. Niederschlag

1.4.7.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen und Maßeinheit

Unter Niederschlag versteht man das auf die Erdoberfläche in flüssiger oder fester Form niederfallende Wasser (fallende Niederschläge) und das aus der Luft unmittelbar an der Erdoberfläche flüssig oder fest abgesetzte Wasser (abgesetzte Niederschläge). Einzelheiten über die Einteilung der Niederschläge enthalten bereits Leitfaden Nr. 1 (S. 39 ff.), das Beobachterhandbuch (S. 7/1 ff.) sowie die Anleitung Klimabeobachtung (S. 33 ff.).

Als Maß der Niederschlagsmenge gilt die Niederschlagshöhe in mm, d. h. die Höhe, bis zu der das niedergefallene bzw. abgesetzte Wasser den Erdboden bedecken würde, wenn nichts abfließen, versickern oder verdunsten könnte. Verteilt man 1 Liter = 1000 cm³ Wasser auf eine Fläche von 1 m² = 10 000 cm², so steht das Wasser 1000 cm³/10 000 cm² = 0,1 cm = 1 mm hoch. Deshalb ist die Angabe: 1 Liter Wasser pro m² gleichbedeutend mit der Angabe 1 mm Niederschlagshöhe, z. B. 10 l/m² = 10 mm Niederschlag.

Außer der Niederschlagsmenge wird auch die Niederschlagsstärke oder -intensität bestimmt. Die Definition der einzelnen Stärkegrade und ihre Abgrenzungen gehen aus nachfolgender Übersicht hervor.

1.4.7.2. Messung des Niederschlags

An den meisten Stationen wird der normale Niederschlagsmesser nach Hellmann (1854—1939) verwendet. Er besteht aus einem 2teiligen, weiß oder aluminiumfarbenen gestrichenen Zylinder aus Zinkblech mit zugehöriger Sammelkanne. Die Auffangfläche beträgt 200 cm², der Durchmesser 159,6 mm. Das Auffanggefäß hat einen trichterförmigen Boden mit einem Abflußrohr, das in die darunter befindliche Sammelkanne hineinragt. Bei der Messung wird der Inhalt der Sammelkanne in ein Meßglas von 24 cm Höhe gegossen und die Menge an der speziell dafür geeichten Skala in mm Niederschlagshöhe abgelesen.

An jeder Beobachtungsstelle des Deutschen Wetterdienstes stehen 2 Niederschlagsmesser; der eine dient der Messung für den synoptischen Dienst, der andere für den Klimadienst. Dies hat seinen Grund in den verschiedenen Meßzeiten. Im synoptischen Dienst wird um 00.00, 06.00, 12.00 und 18.00 GMT, im Klimadienst an Hauptstationen um 7, 14 und 21 Uhr MOZ, an Niederschlagsstationen einmal am Tag um 7 Uhr MOZ gemessen. Bei Starkregen (Regengüssen, Wolkenbrüchen) soll unmittelbar nach Beendigung des Regens eine Zwischenmessung durchgeführt werden. Bei starken Schneefällen muß eine Zwischenmessung erfolgen, wenn das Auffanggefäß vollkommen gefüllt ist und damit die Gefahr besteht, daß Schnee sich auftürmt und vom Wind herabgeblasen wird. Diese Zwischen- und Teilmessungen müssen selbstverständlich bei den Terminmessungen hinzugerechnet werden.

Sind mit Beginn der kalten Jahreszeit Schneefälle zu erwarten, so wird ein Schneekreuz in das Auffanggefäß eingesetzt, das ein Herauswehen des aufgefangenen Schnees durch den Wind verhindern soll.

Befinden sich im Auffanggefäß Niederschläge in fester Form, so wird der gesamte Niederschlagsmesser gegen einen zweiten ausgetauscht. Der mit Schnee, Graupel oder Hagel gefüllte Niederschlagsmesser wird in einen Raum gebracht, in dem der feste Niederschlag langsam schmelzen kann. Er wird mit einem zugehörigen Deckel zugedeckt, um eine Verdunstung zu verhindern. Aus dem gleichen Grund darf das Schmelzen des festen Niederschlags auf keinen Fall auf einem Ofen, einer Heizung o. dgl. geschehen. Die Messung erfolgt dann genauso wie bei flüssigem Niederschlag.

1.4.7.3. Behelfsmessungen

Wenn gelegentlich Teile des Niederschlagsmessers nicht benutzbar sind, so müssen Behelfsmessungen durchgeführt werden, damit keine Beobachtungen ausfallen.

a) Ausfall der Kanne

Steht keine zweite Kanne zur Verfügung, so kann jedes Gefäß passender Größe anstelle der Kanne verwendet werden. Zur Verhinderung der Verdunstung werden breite Gefäße mit einem Papp- oder Blechdeckel abgedeckt, der lediglich eine Öffnung für die Durchführung der Trichtertülle enthält.

b) Ausfall des Meßglases

Kann ein zerbrochenes Meßglas nicht durch ein Reservemeßglas ersetzt werden, so soll der Beobachter jede Termin- und Tagesmessung in gut verschließbaren und mit dem Meßtermin gekennzeichneten Flaschen aufbewahren und später nach Ersatz des Meßglases messen.

Übersicht über die Niederschlagsstärken

Niederschlagsart	Stärkebezeichnung	Beobachtungsmerkmal	Menge/Std. bzw. Zuwachs der Schneedecke	Sichtminderung auf
Regen	Tropfen	Straßen werden nicht vollständig befeuchtet	nicht meßbar	
	leicht	nur langsame Pfützenbildung	höchstens 0,5 mm	
	mäßig	rasche Pfützenbildung	0,5 bis 4,0 mm	
	stark	prasselndes Geräusch, Tropfen zerspritzen	über 4,0 mm (0,7/10 Min.)	
Regenschauer	leicht	wie beim Regen	weniger als 0,4 mm/10 Min.	
	mäßig	wie beim Regen	0,7 bis 2 mm/10 Min.	
	stark und sehr stark	wie beim Regen	stark: 2—8 mm/10 Min. sehr stark: über 8 mm/10 Min.	
Nieseln	leicht	im Gesicht zu spüren, aber nur geringfügiges Rinnen des Wassers auf festen Wegen und Dächern		über 4 km (außerhalb Nebel)
	mäßig	anhaltendes Rinnen auf festen Wegen und Dächern		bis auf 2 km
	stark	wie bei mäßigem Nieseln	bis zu 1 mm/Std.	bis 1 km und weniger
Schnee- und Schneeschauer	Flocken	sehr leichter Schneefall, einzelne Sterne, keine oder höchstens hauchdünne Schneedecke	nicht meßbar	keine
	leicht	kleine Flocken, nur langsam wachsende Schneedecke	Schneedecke höchstens 0,5 cm/Std.	nicht unter 4 km
	mäßig	größere Flocken	Schneedecke 0,5 bis 4 cm/Std.	bis 1 km
	stark	dichter Schneefall mit größeren Flocken	Schneedecke mehr als 4 cm/Std.	stets unter 1 000, bis unter 100 m
Graupel	leicht	nur wenige Körner		
	mäßig	Boden mit weißer Schicht bedeckt		
	stark	rasche Anhäufung von Graupel am Boden		

Steht ein gewöhnliches, in cm³ geeichtes Meßglas zur Verfügung, so wird die Niederschlagsmenge in cm³ gemessen und durch die Fläche des Auffanggefäßes (200 cm²) geteilt. Man erhält so die Niederschlagsmenge in cm und durch Multiplikation mit 10 in mm Niederschlagshöhe. Natürlich kann man die gemessene cm³-Menge sofort durch 20 teilen und erhält direkt das Ergebnis in mm.

Steht kein Meßglas zur Verfügung, so kann man den aufgefangenen Niederschlag wiegen. Da 1 cm³ Wasser ein Gramm wiegt, gibt das Gewicht in g die Menge in cm³ an. Die Berechnung erfolgt dann genauso wie bei der Behelfsmessung mittels eines gewöhnlichen Meßglases.

c) Ausfall des Auffanggefäßes

Steht aus irgend einem Grunde kein Auffanggefäß zur Verfügung (Beschädigung oder Notwendigkeit einer zusätzlichen Messung bei sehr starkem Regen), so kann man jedes andere Gefäß mit kreisrundem Querschnitt benutzen. Die in cm³ oder in Gramm gemessene Niederschlagsmenge muß wieder durch den Querschnitt des Behelfsgefäßes geteilt werden, um die Niederschlagshöhe in cm zu berechnen. Beträgt der Durchmesser des Gefäßes d cm, so ergibt sich für die Auffangfläche F nach der Formel für den Kreisinhalt:

$$F = r^2\pi = \left(\frac{d}{2}\right)^2\pi = d^2 \frac{\pi}{4} = d^2 \cdot 0,79$$

Das Quadrat des Durchmessers, mit 0,79 multipliziert, ergibt also die Auffangfläche. Zu beachten ist, daß man schließlich noch die in cm erhaltene Niederschlagshöhe durch Multiplikation mit 10 in mm verwandeln muß. Bei allen Behelfsmessungen wird die Niederschlagshöhe nur in ganzen mm unter Fortfall der Zehntelmillimeter angegeben.

1.4.7.4. Besondere Niederschlagsmeßgeräte

a) Der *Gebirgsniederschlagsmesser* dient der Niederschlagsmessung in Höhen ab 700 m NN. Da in den höheren Gebirgslagen erfahrungsgemäß wesentlich größere Niederschlagsmengen fallen als in der Ebene, wird die Auffangfläche von 200 cm² auf 500 cm² vergrößert und der Gebirgsniederschlagsmesser auf einen Dreifuß gesetzt, der der Auffangfläche eine Höhe von 2 m über dem Boden sichert. Wegen der größeren Auffangfläche muß auch ein besonders dafür geeichtes Meßglas zur Verfügung stehen. Die Messung selbst geschieht wie beim gewöhnlichen Niederschlagsmesser.

b) Der *registrierende Niederschlagsmesser* oder *Niederschlagsschreiber* ermöglicht eine Aufzeichnung der aufgefundenen Niederschlagsmengen in Abhängigkeit von der Zeit. Man kann damit nicht nur Beginn und Ende, sondern auch die Intensität des gefallenen Niederschlags bestimmen. Dies gilt auch für Schneefall, da das Auffanggefäß elektrisch aufgeheizt wird und den festen Niederschlag sofort schmelzen läßt. Die Auffangfläche beträgt genau wie beim normalen Niederschlagsmesser 200 cm². An dem trichterförmigen Ausfluß ist ein Rohr angeschlossen, das das ablaufende Niederschlagswasser in ein Gefäß leitet, in dem sich ein Schwimmer befindet. Dieser gleitet an einer senkrechten Stange, die wiederum mit einem Schreibarm verbunden ist, der die Hebung des Schwimmers bei einfließendem Wasser auf eine sich drehende Trommel mit passendem Registerpapier überträgt. Der Trommelumlauf beträgt 24 Stunden. Das Schwimmergefäß faßt nur eine Wassermenge, die einer Niederschlagshöhe von 10 mm entspricht; entsprechend ist auch die Teilung des Registrierstreifens. Fällt mehr Niederschlag, so läuft das Niederschlagswasser über eine Hebovorrichtung in eine Sammelkanne ab, die Registrierung beginnt wieder bei 0 mm Höhe.

Bei gefallenem Niederschlag wird der Registrierstreifen täglich ausgewechselt, bei Trockenheit kann er bis zu 4mal benutzt werden. In diesem Fall wird täglich etwas Wasser hinzugegossen, um eine neue Basislinie zu gewinnen.

1.4.7.5. Schneemessungen

Die Bestimmung der gefallenen *Schneemenge* wurde bereits unter 1.4.7.2. behandelt.

Die *Höhe der Schneedecke* wird über einem besonders ausgewählten Platz in cm gemessen. Der Platz muß eben und vor Verwehungen geschützt sein. Zur Messung kann jeder genügend lange, mit Zentimetereinteilung versehene Maßstab verwendet werden. Er wird dann als Schneepegel bezeichnet.

Neben der Messung der Gesamtschneedecke sind Angaben über die Höhe des im Zeitraum von 12, im Klimadienst 24 Stunden gefallenem Neuschnees zu machen. Die Höhe der Neuschneedecke wird an einem Platz, der nach jeder Messung vollkommen vom Schnee befreit wird, genau so angestellt wie bei der Gesamtschneedecke.

Der *Wassergehalt der Schneedecke* wird nur an einzelnen, besonders ausgewählten Stationen bestimmt. Mittels eines zylinderförmigen Schneeausstechers von 200 cm² Querschnitt (wie beim Niederschlagsmesser) wird

die Schneedecke, die mindestens 5 cm hoch sein soll, ausgestochen. Diese Schneeprobe wird nun in einen nicht zu warmen Raum gebracht, mit einem Deckel (gegen Verdunstung) abgedeckt und zum Schmelzen gebracht. Die Menge des Schmelzwassers wird mit dem normalen Niederschlagsmeßglas gemessen. Den Wassergehalt der Schneedecke, d. h. die Wassermenge je cm Schneehöhe, erhält man dann einfach als Quotient Schmelzwassermenge/Schneehöhe. Eine Schneedecke von 12 cm Höhe und einer Schmelzmenge von 15 mm hat einen Wassergehalt von $15:12 = 1,3$ mm.

Bei Neuschnee kann man rund 1 cm Schneehöhe mit 1 mm Wassergehalt (Niederschlagshöhe) gleichsetzen.

1.4.8. Die Sonnenscheindauer

Unter *Sonnenscheindauer* versteht man die Zeit, an der an einem Tage die Sonne sichtbar geschienen hat. Für die Registrierung der Sonnenscheindauer wird ein *Sonnenscheinautograph* (*Sonnenscheinschreiber*) verwendet. Damit die Sonne während des ganzen Tages ungehindert das Gerät erreichen kann, ist es an einem vollkommen freien Platz aufzustellen. Die Registrierung erfolgt auf Kartonstreifen.

Das Auflegen und Auswerten der Streifen

Die Streifen werden nach Sonnenuntergang gewechselt und in die für die betreffende Jahreszeit gültigen Nuten eingeschoben. Die Strichmarke bei der Zahl XII (Uhrzeit MOZ) hat bei richtiger Stellung des Streifens mit der in der Metallschale eingeritzten Marke zusammenzufallen, der Streifen wird durch einen Stift bei Uhrzeit XIV MOZ in seiner Lage gesichert. Die richtige Beschriftung der Rückseite des Streifens ist zu beachten.

Es werden folgende Streifen verwendet (Abb. 4)

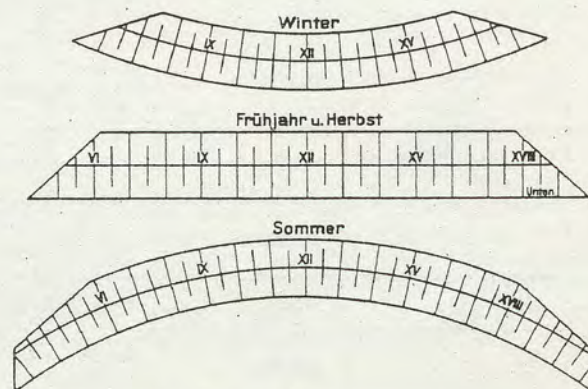


Abb. 4
Schreibstreifen für Sonnenscheinautographen

Zeit:	Streifen:
1. 3. — 14. 4. (Frühjahr)	gerade Streifen
15. 4. — 31. 8. (Sommer)	lange krumme Streifen
1. 9. — 14. 10. (Herbst)	gerade Streifen
15. 10. — 28. (29.) 2. (Winter)	kurze krumme Streifen

Die Glaskugel muß stets fest in ihren Lagern sitzen und darf nicht beschädigt werden. Fällt im Winter Schnee, so ist er von der Kugel zu entfernen. Zum Schutz gegen Raufreifansatz überzieht man die Kugel in der kalten Jahreszeit mit einem dünnen Glycerinüberzug. Bei der Auswertung der Registrierstreifen ist zu beachten:

- Auch die schwächste Brenns spur ist mit 0,1 Stunden zu berücksichtigen; man erkennt sie besser beim Schräghalten des Streifens.

- b) Bei starken Brenns Spuren mit Aschenbildung ist für jede deutlich erkennbare Einschnürung, bei der unverkohlte Papierzacken einander gegenüberstehen,

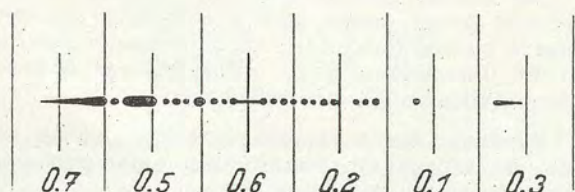


Abb. 5
Auswertungsbeispiele von Brenns Spuren auf Schreibstreifen
(Sonnenscheinautograph)

$\frac{1}{10}$ Std. in Abzug zu bringen. Sind jedoch innerhalb einer Stunde mehrere solcher Papierzacken vorhanden, so sind im Höchsthalle nur 0,4 Std. abzuziehen (Abb. 5).

- c). Kurze, kreisrunde Brenns Spuren sind mit 1 Minute zu bewerten. Ist innerhalb einer Stunde nur eine einzige derartige Brenns Spur vorhanden, so ist 0,1 Std. einzusetzen.

Bei 1 — 6 Punkten: 0,1 Stunden
bei 7 — 12 Punkten: 0,2 Stunden
bei 13 — 18 Punkten: 0,3 Stunden
(sehr selten der Fall).

1.4.9. Erdbodenzustand

1.4.9.1. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Unter dem Erdbodenzustand versteht man den Zustand des Erdbodens in Bezug auf Nässe, Überschwemmung, Trockenheit, Schneedecke, Glatteis usw., und zwar am Beobachtungsort.

Die Kenntnis des Erdbodenzustandes ist wichtig sowohl für den Flugverkehr (Start- und Landebahn), als auch für Gutachten, Verkehrsunfälle usw.

1.4.9.2. Durchführung der Beobachtung

Im synoptischen Dienst und im Klimadienst hat man 10 Möglichkeiten, den Erdbodenzustand anzugeben und zu verschlüsseln. Dabei treten, wie aus nachfolgender Zusammenstellung hervorgeht, einige Unterschiede in den beiden Diensten auf.

Die Beobachtungen unter den Ziffern 0, 1 und 3 gelten für einen unbewachsenen Platz unmittelbar an der Station. Die Ziffern 2, 4 bis 9 gelten für den Boden des umgebenden Geländes, soweit es im Blickfeld des Beobachters liegt.

Besondere Hinweise

Durch *Schneeverwehungen* kann die Schneedecke, trotz guter Auswahl des Beobachtungsplatzes, scheinbar zunehmen. In diesem Falle ist es richtig, das einzutragen, was wirklich gemessen wurde, selbst wenn sich die beiden Höhenangaben für Gesamtschnee und für Neuschnee widersprechen.

Glatteisdecke am Boden entsteht aus unterkühltem flüssigem Niederschlag oder dadurch, daß flüssiger Niederschlag auf gefrorenen Boden fällt und dort gefriert. Glatteis darf nicht mit *Eisglätte* (entsteht am Boden durch Gefrieren von Schmelzwasser, Pfützen usw.) oder mit *Schneeglätte* (Gefrieren einer Schneedecke) verwechselt werden.

Schneeflecken liegen dann vor, wenn weniger als die Hälfte der Erdoberfläche mit Schnee bedeckt ist. Die Schneehöhe muß angegeben werden.

Schneereste sind dann zu vermerken, wenn in der weiteren Umgebung der Station in Gräben, unter Bäumen, an Waldrändern usw. noch geringe Schneemengen feststellbar sind. In diesem Fall wird keine Schneehöhe angegeben.

Verschlüsselung des Erdbodenzustandes

	Synoptischer Dienst	Klimadienst
0	trocken	trocken
1	feucht	feucht
2	naß (kleinere oder größere Pfützen)	überschwemmt
3	hartgefroren u. trocken	gefroren, hart und trocken
4	Glatteis, aber kein Schnee o. Schneematsch	teilweise mit Schnee oder Hagel bedeckt
5	Eis, Schnee o. Schneematsch, weniger als die Hälfte des Bodens bedeckend	mit Eis oder Glatteis bedeckt
6	wie 5, aber mehr als die Hälfte, aber nicht den ganzen Boden bedeckend	mit schmelzendem Schnee bedeckt
7	wie 5, aber den ganzen Boden bedeckend	nicht gefroren, aber mit Schnee von weniger als 15 cm Höhe bedeckt
8	lockerer, trockener Schnee, mehr als die Hälfte, aber nicht den ganzen Boden bedeckend	gefroren und mit Schnee von weniger als 15 cm Höhe bedeckt
9	lockerer, trockener Schnee, den ganzen Boden bedeckend	mit Schnee von 15 cm Höhe und mehr bedeckt

1.5. Die weitere Verarbeitung der Beobachtungsergebnisse

1.5.1. Die Auswertung der Luftdruck-, Temperatur- und Feuchtereistrierungen

Die Registrierung von meßbaren Wettererscheinungen ermöglicht die Angabe von Beobachtungswerten zwischen den einzelnen festen Terminen. Im Prinzip besteht jede Registriervorrichtung aus dem Meßfühler, dem Übertragungsmechanismus und der Schreibvorrichtung. Die Schreibvorrichtung besteht wiederum aus einer durch ein Uhrwerk getriebenen Metalltrommel und einem Registrierstreifen (meist Papier), auf dem in Form einer Kurve der Meßwert des betreffenden Elements aufgezeichnet wird. Diese Registrierstreifen werden in bestimmten Zeitabständen neu aufgelegt (seltener täglich, meist wöchentlich, in einigen Fällen auch nach einem Vierteljahr). Jeweils zum Beobachtungstermin wird durch leichtes Anheben der Schreibfeder eine Zeitmarke angebracht.

In der anschließenden Auswertung der Streifen gibt es heute im wesentlichen nur zwei Verfahren. In bei-

den Fällen müssen zunächst die bei der Terminbeobachtung festgestellten Werte des Elements (Luftdruck, Temperatur usw.) an den Zeitmarken vermerkt werden.

1.5.1.1. Hilfskurvenverfahren

Das Hilfskurvenverfahren setzt voraus, daß die Uhr während des Trommelumlaufs nicht mehr als 1 Stunde vor- oder nachgeht. Es unterscheidet sich von den früher angewandten Auswertemethoden dadurch, daß an Stelle der Schablone oder des Georgi-Gerätes ein zweiter durchsichtiger Registrierstreifen für das Zeichnen einer Hilfskurve verwendet wird. Das Aufstellen einer Hilfstabelle (Rohauswertung) erübrigt sich.

Für das Auswerten werden der Originalregistrierstreifen, ein unbeschriebener durchsichtiger Registrierstreifen und die dazugehörige Monatstabelle benötigt.

Um etwaige durch Feuchteschwankungen hervorgerufene Längenänderungen der durchsichtigen Registrierstreifen weitgehend zu vermeiden, sind diese bis zur Verwendung in einem verschlossenen Karton im Schrank — falls möglich in einem Kellerraum — zu verwahren.

Arbeitsgang des Auswertens

1) Vorbereitung

a) Es wird geprüft, ob sich die Zeitmarken an der richtigen Stelle befinden; wurde eine halbe Stunde oder mehr zu früh bzw. zu spät gemessen, ist der auf dem Originalstreifen bereits eingetragene Meßwert zu streichen.

b) Die auf dem Originalstreifen eingetragenen, nicht gestrichenen Meßwerte werden mit der geprüften Monatstabelle verglichen und erforderlichenfalls berichtigt. Anschließend werden sie in den Vordruck M 31 eingetragen und unterstrichen.

c) Auf dem unbeschriebenen Registrierstreifen werden nunmehr die auf dem Originalstreifen in MEZ eingetragenen, nicht gestrichenen Meßwerte durch feine Bleistiftpunkte in MOZ angegeben. Die gestrichenen Meßwerte werden ebenfalls angegeben, wobei allerdings durch zeitliches Verschieben die Zeitabweichung der Messung vom Termin berücksichtigt werden muß.

2) Zeichnen der Hilfskurve

a) Überdecken der Registrierstreifen

Der Originalstreifen wird mittels zweier Büroklammern so unter den durchsichtigen Streifen geklammert, daß

die Punkte auf dem unbeschriebenen Streifen mit den Zeitmarken auf dem Originalstreifen übereinstimmen mit Ausnahme der gestrichenen Meßwerte, d. h. die Registrierkurve wird von MEZ auf MOZ verschoben,

die durch die Bleistiftpunkte angedeuteten Meßwerte insgesamt oder zumeist die Registrierkurve überdecken, d. h. ein vorhandener Standfehler wird beseitigt,

bei einem Vor- oder Nachgehen der Uhr um höchstens eine Stunde die Zeitmarke am Donnerstag um 14 Uhr MOZ (nahezu Mitte des Registrierstreifens) genau auf der 14-Uhr-Zeitlinie liegt; dadurch kann die Zeitverschiebung zu Beginn und Ende der Registrierung höchstens eine halbe Stunde betragen.

b) Zeichnerische Durchführung

Die Hilfskurve wird mit einem sehr gut gespitzten harten Bleistift als feine Linie nachgezeichnet. Dabei ist folgendes zu beachten:

Der überdeckte Registrierstreifen wird so gelegt, daß der Beginn der Kurve sich oben befindet; dadurch wird

eine Sichtbehinderung durch die eigene Hand vermieden und selbst bei einem wenig geübten Zeichner eine ruhige und sichere Linienführung erreicht.

Die Kurve muß durch die eingezeichneten Bleistiftpunkte gehen, wobei aber der Verlauf der Originalkurve zu berücksichtigen ist, falls einige Punkte diese nicht überdecken, d. h. unregelmäßige Stand- bzw. Amplitudenfehler werden behoben.

Schwankt die Aufzeichnung kurzperiodisch hin und her, so stellt man in der Hilfskurve den mittleren Verlauf dar.

Falls man den nur wenig Zeit benötigenden Arbeitsgang 2) einem routinierten Zeichner überläßt, wird das übrige Auswerten eine recht einfache Arbeit, die auch ungeschultes Personal schnell lernen kann.

3) Ausfüllen der Monatstabelle

a) Eintragen der Stundenwerte

Die Werte werden aus der Hilfskurve zu den vollen Stunden (1, 2, 3 Uhr MOZ) auf $\frac{1}{10}$ mm, $\frac{1}{10}^{\circ}$ C und ganze % genau abgelesen und in die Tabelle M 31 eingetragen, abgesehen von den Meßergebnissen zu den drei Klima-beobachtungsterminen, die nach Arbeitsgang 1) b) bereits in der Tabelle stehen.

b) Berechnen der Summen und Mittelwerte

Nach Auswertung werden die Halbtags-, Tages-, Dekaden- und Monatssummen berechnet. Die Halbtags-, Tages- und Dekadensummen sind mit roter, alle übrigen Werte mit schwarzer Tinte einzutragen. Bei der Querprobe der Dekaden- und Monatssummen muß die Summe der einzelnen Stundenwerte genau die Summe der Halbtags- und Tagessumme ergeben. Sodann werden die Tages- und Monatsmittel auf $\frac{1}{100}$ mm, $\frac{1}{100}^{\circ}$ C und $\frac{1}{100}\%$ berechnet. Bei der Querprobe können sich Abweichungen von 1 bis 2 Einheiten der letzten Stelle ergeben; als Tages- und Halbtagswerte sind dann die aus der Mittelung der Stundenmittel errechneten Werte anzunehmen und mit einem schräg von links oben nach rechts unten weisenden Pfeil unter den aus der Mittelung der Tagesmittel errechneten Wert zu setzen.

1.5.1.2. Korrektionskurvenverfahren

Dieses Verfahren wird angewendet, wenn die Uhr während des Wochenumlaufs mehr als eine Stunde vor- oder nachging.

Arbeitsgang des Auswertens

1) Vorbereitung

a) wie in 1.5.1.1. 1) a)

b) wie in 1.5.1.1. 1) b)

c) In dem von der Registrierkurve nicht beschriebenen Raum des Originalstreifens für Luftdruck und Temperatur wird eine beliebig verstärkte Abszissenlinie zur Null-Linie der Korrektion bestimmt. Die darüber liegenden Parallel-Linien dienen zur Eintragung positiver, die darunter befindlichen zur Eintragung negativer Korrektionswerte, wobei ein vergrößerter Maßstab 1:10 benutzt wird. Wenn z. B. in einer Temperaturregistrierung die Linie -10° als Null-Linie ausgewählt wurde, so würde die Korrektion $+0.1^{\circ}$ auf der Linie -9° C, die Korrektion -0.1° auf der Linie -11° erscheinen. 1° Abstand auf dem Streifen entspricht also 0.1° Korrektion.

Wegen der nicht konstanten Abstände der Abszissenlinien ist für die Korrektionskurve auf dem Hygrographenstreifen stets die 20%-Linie als Null-Linie der Korrektion zu verwenden. Hier ist eine maßstäbliche Vergrößerung nicht erforderlich.

d) Die Korrektur wird als Differenz „Meßwert minus Kurvenwert“ berechnet, z. B.:

Kurvenwert	=	10.4°
Meßwert	=	10.7°
Korrektur	=	+0.3°
Kurvenwert	=	10.9°
Meßwert	=	10.7°
Korrektur	=	-0.2°

e) Der ermittelte Korrekturwert wird, von der Null-Linie ausgehend, bei positivem Vorzeichen nach oben, bei negativem Vorzeichen nach unten an den Abszissen-Linien abgezählt und mit Bleistift im Schnittpunkt der Abszisse mit der Schablonen-Zeitlinie, die durch die Zeitmarke geht, markiert.

f) Wenn die Korrekturen für alle Zeitmarkenwerte in dieser Weise festgelegt sind, werden die Punkte linear miteinander verbunden. Die Abstände zwischen den Zeitmarken der Registrierkurve entsprechen genau den Abständen zwischen den zugehörigen Punkten der Korrekturkurve.

2) Auswertung

a) Die korrigierten Stundenwerte zwischen den Zeitmarken-Terminen werden mit der Schablone der Zeitlinien in einem Arbeitsgang ermittelt. Nach Auflage der Schablone wird die betreffende Zeitlinie sowohl die Registrierkurve als auch die zugehörige Stelle der Korrekturkurve schneiden. Es brauchen nur noch die Werte der Registrierkurve und der Korrekturkurve an den Schnittpunkten mit der gleichen Zeitlinie herausgelassen werden; aus ihnen wird unter Beachtung des Korrektur-Vorzeichens der korrigierte Wert berechnet und in den Vordruck M 31 eingetragen.

b) Bei zu langsamem Uhrgang schrumpft die Strecke zwischen zwei Zeitmarken. In diesem Falle verschiebt man die Schablone so weit nach links, bis die Zeitmarken von den zugehörigen Zeitlinien (7 oder 10 Stunden) mit gleichem Abstand eingeschlossen werden. Damit wird der Zeitfehler mit genügender Genauigkeit berücksichtigt. Auswertung alsdann wie unter 2) a) beschrieben.

c) Bei zu schnellem Uhrgang oder durch Aufwölbung zu lose aufgelegter Registrierstreifen dehnt sich die Schreibkurve aus. Die Schablone muß dann so weit nach rechts verschoben werden, bis ihre Zeitlinien, die das 7- oder 10stündige Intervall begrenzen, von den zugehörigen Zeitmarken mit gleichem Abstand eingeschlossen werden.

d) Die weitere Auswertung erfolgt wie unter Punkt 3) des Hilfskurvenverfahrens (1.5.1.1.).

e) Auflegen der Registrierstreifen

Die Registrierstreifen für Luftdruck, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit werden nach MEZ aufgelegt und nach MOZ ausgewertet.

Die Anemographenstreifen werden nach MEZ aufgelegt und nach MEZ ausgewertet. Ebenso wird bei Niederschlagsregistrierungen verfahren.

Die Registrierstreifen für Sonnenscheindauer und Strahlung werden nach WOZ aufgelegt und nach WOZ ausgewertet.

1.5.2. Die Eintragung in die Beobachtungstagebücher

Alle Beobachtungsergebnisse werden in vorgedruckte Beobachtungstagebücher eingetragen, und zwar im synoptischen Beobachtungsdienst

Beobachtungsbücher mit oder ohne Uhrzeiteindruck oder

Beobachtungstagebogen ohne Uhrzeiteindruck
in mittlerer Greenwich-Zeit (GMT)
und im Klimadienst
in das Klimatagebuch in Ortszeit (MOZ).

Die Eintragungen in diese Bücher sind verschieden, obwohl dieselben Elemente beobachtet werden. Dies beruht darauf, daß die Eintragungen verschiedenen Zwecken dienen.

Die Tagebücher sind Urkunden, daher sind alle Angaben sorgfältig und genau einzutragen. Für die Eintragung sind nur Bleistifte zu verwenden, weil färbende Schrift bei Regenwetter verwischen würde.

Die Beobachtungszeiten sind genau einzuhalten, Abweichungen von mehr als 15 Minuten von der Beobachtungszeit sind in den Tagebüchern zu vermerken. Mit seiner Unterschrift (Abkürzung des Namens nur dann, wenn zweifelsfrei hervorgeht, wer beobachtet hat) bestätigt der Beobachter die Richtigkeit der Eintragung.

1.5.2.1. Eintragungen im synoptischen Beobachtungsdienst

Bei den Eintragungen in das Tagebuch (Abb. 6) ist folgende Reihenfolge einzuhalten:

1) Uhrzeit (GMT)

2) Wind

Windrichtung in 360°-Skala

Windgeschwindigkeit:

mittlere Windgeschwindigkeit
in Knoten

(1 Knoten \approx 0.5 m/sec

1 m/sec \approx 2 Knoten)

Die Ablesung erfolgt an Windmeßgeräten (Böenschreiber). Wenn innerhalb von höchstens 20 Sekunden Windstöße auftreten, die die mittlere Windgeschwindigkeit um 10 Knoten oder mehr überschreiten, sind zusätzliche Böenangaben unter QNT zu melden (z. B. mittlere Windgeschwindigkeit 16 Knoten, Böen 30 Knoten = QNT 30).

3) Sicht

Es wird nur die Sichtweite in horizontaler Richtung angegeben (nachts Feuersicht), und zwar Sichtweiten bis 2 900 m in Meter, ab 3 km in km.

Ist die Sichtweite nach verschiedenen Himmelsrichtungen nicht einheitlich, so ist immer die schlechteste Sicht anzugeben.

Auf Flugplätzen ist bei Sichtweiten auf der Start- oder Landebahn bis 1500 m zusätzlich die Landebahnsicht unter QBT

bis 500 m in 50-m-Stufen, ab 500 m in 100-m-Stufen zu melden.

4) Wetter

Hier erfolgt die Eintragung der Symbole nach der Symboltafel.

5) Wolken

Links befindet sich eine Spalte „Höhe größer als $\frac{4}{5}$ oder Vertikalsicht“. Hier wird die Hauptwolkenuntergrenze oder Ceiling eingetragen. Ist keine vorhanden, so wird ein Punkt gemacht.

Es folgen 3 Spalten für die 3 Stockwerke mit den Angaben:

Menge in Achteln,

Gattung, Art, Unterart, Sonderformen, Mutterwolke, Höhe über Grund in m oder feet (mit Angabe der Art der Messung).

Unter Ceiling versteht man einen Bedeckungsgrad ab 5/8.

Unter „Art“ notiert man die vorgeschriebenen Abkürzungen für die Gattungen, Arten und Unterarten, Sonderformen, Begleitwolken und Mutterwolken. Es sollen wenigstens die Gattungen und Arten oder bei As die Unterarten im Tagebuch festgehalten werden und vor allem alle Angaben, die zur Verschlüsselung (s. u.) erforderlich sind, z. B. pannus, Sc cugen, Ci spi cbgen usw., wenn möglich aber alle beobachteten Wolkenmerkmale.

Über der nach der Gattung folgenden Bezeichnung wird die Zugrichtung als kleiner Richtungspfeil (wie Schiffskurs) eingetragen. Zeigen die Wolken keine Bewegung, wird „c“ vermerkt.

Beispiel: 4 Ci unc 9000 (Zugrichtung aus SW).

Sind die Wolken aus irgend einem Grunde nicht erkennbar, dann wird wie bei der Klimabeobachtung in die Spalte „Wolken“ ein Fragezeichen gesetzt. Der nicht erkennbare Gesamtbedeckungsgrad wird mit 9 eingetragen. Sonst erfolgt die Eintragung der Gesamtbedeckung wie die Eintragung der Menge in Achtel..

6) Luftdruckangaben

a) Luftdruck in mb oder mm (Stationsdruck):

Ablesung des Thermometers am Barometer, Ablesung der am Barometer eingestellten Höhe des Quecksilberstands (Barometerstand), für den wirklichen Luftdruck in Spalte 3 („korr“): Reduktion auf 0 Grad und Normalschwere sowie Instrumentenkorrektur (in einer Tabelle verarbeiten).

b) QFE

Umrechnung des Stationsdruckes mit Hilfe einer Tabelle auf mittlere Landebahnhöhe (wenn Stationsdruck nicht gleich Druck mittlerer Landebahnhöhe ist); die Eintragung erfolgt in mb.

c) QNH

Umrechnung des Druckes QFE mit Hilfe einer Tabelle in QNH (Luftdruck über NN, reduziert mittels Normalatmosphäre). Die Angabe erfolgt in mb und inch und dient der Höhenmessereinstellung für Flugzeuge.

d) QFF

Um den Luftdruck mit den Messungen an anderen Orten zu vergleichen (z. B. für die Karteneintragen), wird noch eine Reduktion auf Normal-Null mittels der aktuellen Außentemperatur durchgeführt. Auch diese Eintragung wird in mb vorgenommen.

e) Art und Betrag

der 3-stündigen Luftdruckänderungen (Tendenz)

Die Art ist am Barographen festzustellen, der Betrag der Luftdruckänderung ist den Luftdruckwerten der Spalte „Korr.“ als Differenz der Werte im Abstand von 3 Stunden zu entnehmen.

7) Temperaturen

Die nach dem Aspirieren auf $\frac{1}{10}$ Grad abgelesenen und korrigierten Werte des trockenen und des feuchten Thermometers werden in die betreffenden Spalten eingetragen. In der Spalte „Temperatur feucht“ ist bei Temperaturen unter Null Grad stets durch ein e oder w zu vermerken, ob sich Eis oder Wasser an der Mullumhüllung befand.

8) Taupunkt und Feuchte

Nach Feststellung der Temperaturen (trocken — feucht) werden mit Hilfe der Aspirationspsychrometer-tafel der Dampfdruck e in mm und die relative Feuchte

in % ermittelt und eingetragen. In der Spalte Hygr. wird die Angabe des Hygrographen (oder Hygrometers) vermerkt.

Die Taupunkt-Temperatur wird der Randleiste der Psychrometertafel entnommen, in die man mit dem ermittelten Dampfdruck eingeht.

Wenn die relative Feuchte 97% oder mehr beträgt, wird als Taupunkt grundsätzlich die Temperatur des trockenen Thermometers eingetragen und gemeldet.

9) Extremtemperaturen,

Maximum- und Minimumthermometer

Die abgelesenen und korrigierten Werte des Maximum- und des Minimumthermometers werden um 06 und 18 Uhr GMT eingetragen. Zu den gleichen Zeiten werden diese Thermometer neu eingestellt.

Das Minimumthermometer am Erdboden wird abends (wenn auch Klimabeobachtungen gemacht werden, zum Klima-Abendtermin) eingestellt und um 06 GMT (und zum Klima-Morgentermin) abgelesen und eingetragen.

10) Niederschlag

Niederschlagsmessungen und Eintragungen erfolgen um 00, 06, 12 und 18 Uhr GMT. Wird bei Starkregen eine Zwischenmessung angestellt, so darf nicht vergessen werden, diese Menge bei der nächsten planmäßigen Messung mitzurechnen. Schneemessungen erfolgen um 06 und 18 Uhr GMT und werden entsprechend eingetragen.

11) Erdbodenzustand

Zur Eintragung des Erdbodenzustandes werden die unter 1.4.9.2 angegebenen Ziffern benutzt.

12) Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer ist der Registrierung des Sonnenscheinautographen zu entnehmen. Die Eintragung und Weitermeldung erfolgt in Zehntelstunden.

13) Ergänzungsgruppen (9 S_p S_p S_p S_p)

Im Deutschen Wetterdienst sind für die Meldung besonders wichtiger und auffälliger meteorologischer Erscheinungen folgende Ergänzungsgruppen zu verwenden:

- 911ff: höchste Böenstöße innerhalb des W-Zeitraumes in Knoten
- 912ff: höchste mittlere Windgeschwindigkeit innerhalb des W-Zeitraumes in Knoten
- 909G_qG_q: Beginn stürmischen Windes
- 910G_qG_q: Ende eines stürmischen Windes

Die Stationen 10113 und 10129 melden grundsätzlich die Gruppen:

- 914SF_x: Seegang (Windsee) und höchste Windstärke ($F_x \leq 9$ Beaufort)
- 915SF_x: Seegang (Windsee) und höchste Windstärke ($F_x > 9$ Beaufort)
- 970V_sV_s: Sichtweite nach See (von Küstenstationen).

Die Anwendung der übrigen Ergänzungsgruppen ist den Beobachtern freigestellt und erwünscht.

Schlußbemerkung

Erst nachdem sämtliche Eintragungen erfolgt sind, ist das Wetter zu verschlüsseln und über Fernschreibkanäle bzw. Fernspreitleitungen abzusetzen. (Näheres s. Abschn. 2.). Es muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß nachträgliche Änderungen von Eintragungen nur dann vorgenommen werden dürfen, wenn eine entsprechende Korrektur abgegeben wurde.

Werte, die nicht angegeben werden können, z. B. Wolkenhöhe bei Nebel, werden durch ein x gekennzeichnet, (in der verschlüsselten Wettermeldung wird an Stelle von x ein / gesetzt.)

Muster für die Ausfüllung der Tagebuchseiten

Abb. 7
Tagebuchseiten eines Klimatagebuches

Beobachtungen vom 28^{ten} Januar 1963 Station Neustadt

	Barometer (Luftdruck in mm)				Trock. Thermometer C°		Feucht. Thermometer C° (unter 0° Angabe e oder w)		Dampf- druck mm	Relative Feuchtig- keit %	1) Haar- hygrometer Hygro- graph %
	Therm. a. Barom. C°	Ableseung	um- gerechnet auf 0° C	korrigiert	Ableseung	korrigiert	Ableseung	korrigiert			
I	3.2	725.6	725.2	725.5	-2.3	-2.4	-2.8	-2.7 e	3.5	92	92
II	4.3	39.0	38.5	38.8	0.2	0.1	-1.5	-1.4 e	3.4	74	72
III	6.8	38,1	37.3	37.6	-4.3	-4.4	-4.7	-4.6 e	3.0	92	91
Summe	I + II + III			101.9	$\frac{I+II+2\times III}{3}$	-11.1	I + II + III		9.9	258	×
Mittel	$\frac{1}{3}$ Summe			34.0	$\frac{1}{3}$ Summe	-2.8	$\frac{1}{3}$ Summe		3.3	86	×
Beobachtungen der Extremthermometer zum Abendtermin			Ableseung C°	korrigiert C°	Niederschlagshöhe von gestern morgen bis heute morgen (Summe der Messungen II und III von gestern und I von heute)		Schneedeckenbeobachtung zum Morgentermin		Gesamt- schneedecke		Neuschnee
Maximum-Thermometer			0.5	0.3			Höhe insgesamt (cm)		9		•
Minimum-Thermometer			-4.4	-4.4			Höhe a. Schneeausstecher (cm)		10		•
Tagesschwankung (Max. - Min.)			×	4.7			Wasser- gehalt (mm)	des ausgestochenen Schnees insgesamt		13.7	
Min.-Thermometer am Erdboden (Ableseung zum Morgentermin)			-5.4	-5.4	※ ²⁾ —	von 1 cm im Durchschnitt		1.4		•	
= ° mm											

Als Beobachter hat immer derjenige seinen Namen einzutragen; der die Ableseung an dem betreffenden Termin tatsächlich gemacht hat.

1) Nichtzutreffendes streichen.

2) Höhe des Schnees über Thermometer in cm.

Beobachtungen vom 28^{ten} Januar 1963 Station Neustadt

	Wind		Bewölkung	Wolkenart	Sicht- weite unter km	Feuer- sicht- weite unter km	Zustand des Erdbodens	Nieder- schlags- höhe mm			
	Rich- tung	Stär- ke	Menge Dichte Wetter								
I	NW	8	10 ¹ ≡	?	0.2	—	8	•			
II	NW	8	6 ²	Sc	20	×	7	1.2 ✕			
III	NNW	4	7 ²	Sc	0.05	4	8	1.8 ✕			
Summe	I + II + III	20	23	Bemerkungen über die zwischen den Terminen auftretenden Wettererscheinungen aller Art mit Stärke und möglichst genauer Zeitangabe, besonders über Anfang und Ende. — Einzelheiten zu den Gewitterbeobachtungen am Schluß des Buches anbringen.							
Mittel	1/3 Summe	6.7	7.7								

≡² 1 n - 8¹/₂, [✕]₁ 9¹/₂, 10¹/₄, 12³/₄, 14³⁰⁻⁴⁰, 15⁵⁵ - 16¹⁰

[≡]₈₋₉ NW n - 16, [✕] sehr ungleich

Alle Angaben nach gesetzlicher Zeit.

Beobachter: I. M. Hoffmann II. M. Hoffmann III. A. Hoffmann

1.5.2.2. Eintragungen im Klimadienst

Bei den Eintragungen in das Klimatagebuch (s. Abb. 7) ist folgende Reihenfolge einzuhalten:

1) Luftdruck

Ableseung des Thermometers am Barometer
Ableseung des Barometers (Länge der Hg-Säule)
korrigierter Barometerstand (mit Schwere- und In-
strumentenkorrektur)

auf 0° C reduzierter korrigierter Barometerstand =
Luftdruck in Barometerhöhe

2) Temperaturen

Eingetragen werden in den entsprechenden Spalten
sowohl die abgelesenen als auch korrigierten Tempera-
turwerte des trockenen und des feuchten Thermometers
in ° C. Bei dem feuchten Thermometer ist bei Tempera-
turen unter Null Grad stets ein e oder w zu vermerken,
je nachdem ob sich Eis oder Wasser an der Mullumhül-
lung befand. Als Extremtemperaturen werden nur die
abgelesenen und korrigierten Werte des Abendtermins
(21 MOZ) eingetragen, ferner die aus der Differenz Ma-
ximum minus Minimum berechnete Tagesschwankung.

3) Dampfdruck, relative Feuchte und Haarhygrometer
Nach Feststellung der Temperaturen (trocken — feucht) werden mit Hilfe der Aspirationspsychrometer-tafel der Dampfdruck in mm und die relative Feuchte in % ermittelt und eingetragen.

In der Spalte Haarhygrometer ist die Angabe des Hygrographen einzutragen.

4) Wind

a) Windrichtung

Die Windrichtung wird in Buchstaben nach der 32teiligen Windrose angegeben; im allgemeinen genügen die 8 Hauptwindrichtungen mit folgenden Buchstabenabkürzungen:

N = Nord	S = Süd
NE = Nordost	SW = Südwest
E = Ost	W = West
SE = Südost	NW = Nordwest

Windstille (Windstärke 0) wird mit C (Calme) gemeldet.

Wenn möglich, können auch die Zwischenrichtungen angegeben werden, z. B. NNE = Nordnordost.

b) Windstärke

Sofern keine Windanzeige- bzw. Windregistriergeräte zur Verfügung stehen, wird im Klimadienst die Windstärke geschätzt. Hierzu wird die Windstärketafel an der Windfahne zu Hilfe genommen, und zwar wird die Nummer des Stiftes am Kreisbogen abgelesen, bis zu welcher der Wind die Tafel hebt. Geschätzt wird nach der Beaufortskala. Nur diese geschätzte Windstärke wird in das Klimatagebuch eingetragen.

Die an Registriergeräten abgelesenen Windgeschwindigkeiten sind nach der Tab. 6 auf Seite 25 der Anleitung Klimabeobachtung in Beaufort umzuschreiben.

Auch zwischen den Beobachtungsterminen sind besonders auffallende Wunderscheinungen wie Böen, Stürme usw. zu beobachten und im Tagebogen zu vermerken.

5) Bewölkung

In diese Spalte sind einzutragen:

Menge der Bewölkung,

Dichte der Bewölkung,

besondere Wettererscheinungen (wenn vorhanden).

Im Klimadienst wird die Menge der Bewölkung in Zehntel des Himmelsgewölbes angegeben, die Dichte durch die Zahlen 0—2 und die Wettererscheinung durch ein Symbol (Symbole s. 1.4.6.3.).

6) Wolkenart

Einzutragen ist nur die Wolkenart (s. Seite 28, Anleitung Klimabeobachtung); Unterarten sind jedoch auch zulässig. Treten mehrere Wolkenarten auf, so sind sie sämtlich einzutragen.

In Zweifelsfällen, besonders bei Dunkelheit, ist es richtig, ein Fragezeichen zu setzen.

7) Sichtweite in km:

Für die Sichtweite sind nur 10 Sichtstufen zu verwenden, Angabe in km:

Sichtstufe	Sichtweite (Sichtmarke nicht mehr sichtbar in)	Sichtstufe	Sichtweite (Sichtmarke nicht mehr sichtbar in)
0.05	50 m	4	4 km
0.2	200 m	10	10 km
0.5	500 m	20	20 km
1	1 km	50	50 km
2	2 km	> 50	über 50 km

Nachts ist die Feuersicht zu melden.

8) Zustand des Erdbodens

Der Zustand des Erdbodens wird durch die Zahlen 0—9 bestimmt, die in der Zusammenstellung unter 1.4.9.2. — Klimadienst — aufgeführt sind.

9) Niederschlagshöhe

Eingetragen wird der in mm gefallene Niederschlag.

Besondere Hinweise:

0.0 wird eingetragen, wenn

der Niederschlag weniger als die Hälfte eines zehntel Millimeters beträgt,

sich im Inneren des Meßgerätes nur Spuren von Niederschlag befinden (von Regentropfen, Schneeflocken oder auch von abgesetztem Niederschlag),

der Beobachter zwar Regen- und Schneefall wahrgenommen hat, im Inneren des Meßgerätes jedoch keine Niederschlagsspuren erkennbar sind.

Ein Punkt (.) wird gesetzt,

wenn kein Niederschlag gefallen ist,

wenn der Beobachter zwar abgesetzten Niederschlag wahrgenommen hat, sich aber keine Spuren davon im Inneren des Meßgerätes befinden.

Ein Strich (—) wird gesetzt, wenn eine Messung ausnahmsweise unterbleibt (das sollte nur in äußerst seltenen Fällen vorkommen).

10) Sonnenscheindauer

Für die Eintragung der Sonnenscheindauer ist keine Spalte im Klima-Tagebuch vorgesehen.

Die Eintragung soll in Zehntelstunden auf der rechten Seite des Tagebuches rechts oben erfolgen unter der Kennung ☉ = Std.

Unter der Angabe „Bemerkung“ sind alle aufgetretenen Wettererscheinungen mit Stärke- und genauer Zeitangabe (Anfang und Ende) einzutragen.

Zusätzlich sind am Schluß des Buches Einzelheiten zu den Gewitterbeobachtungen anzugeben.

11) Zeitmarken

In die freien Spalten auf der rechten Seite des Klima-Tagebuches sind die Zeiten einzutragen, an denen die Zeitmarken gemacht wurden. Zeitmarken werden an den Registriergeräten angebracht, und zwar zu jedem Beobachtungstermin.

2. Der Wetterschlüssel

2.1. Begriffsbestimmung und Aufgabe des Wetterschlüssels

Es wurde bereits einleitend darauf hingewiesen, daß die Wetterbeobachtungen — seien es Augen- oder Instrumentenbeobachtungen — die Grundlage jeglicher meteorologischen Arbeit bilden. Die beste Beobachtung nutzt jedoch dem täglichen synoptischen Dienst nichts, wenn sie nicht kurz nach ihrer Beendigung in die Hände der verarbeitenden Stellen gelangt, mit anderen Worten, wenn sie nicht in kurzer Zeit weltweit verbreitet werden kann. Deshalb begann eine regelmäßige synoptische Verarbeitung des Materials erst mit dem Zeitalter der Telegraphie. Aber auch die besten fernmelde-technischen Einrichtungen könnten den riesigen Anfall von Beobachtungsdaten nicht bewältigen, wenn diese nicht in besonders kurzer Form übermittelt werden können. Aus diesem Grunde ist eine Verbreitung in Form eines Klartextes nicht möglich. Im Laufe der letz-

ten Jahrzehnte einigte man sich international dahingehend, alle Beobachtungsergebnisse nach einem einheitlichen System durch Zahlen zu verschlüsseln. Es wurde ein sogenannter „Wetterschlüssel“ einheitlich international festgelegt, der aus mehreren, meist 5stelligen Zahlengruppen besteht und in dem für jedes Beobachtungsergebnis an einer festgelegten Stelle eine feststehende Schlüsselzahl vereinbart wurde. Die vorgeschriebene Reihenfolge der Zahlen und Zahlengruppen muß unbedingt eingehalten werden, um Irrtümer zu vermeiden. Die Übermittlung durch Zahlengruppen hat außerdem den großen Vorteil, daß keinerlei Sprachschwierigkeiten auftreten können, die Meldungen also international sofort lesbar sind.

2.2. Die Einteilung der verschiedenen Formen des Wetterschlüssels

Die Vielzahl der zu verbreitenden Meldungen hat zur Festlegung zahlreicher Formen des Wetterschlüssels geführt. An dieser Stelle soll nur eine allgemein gehaltene Übersicht gegeben werden. Einzelheiten des Wetterschlüssels sind in den „Vorschriften und Betriebsunterlagen, Nr. 2 — Wetterschlüssel“ enthalten. Der Inhalt des Wetterschlüssels richtet sich nach den Vorschriften, die von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) beschlossen wurden und damit praktisch für die ganze Erde Gültigkeit haben.

Die Schlüsselformen, im Englischen als „form of message“ (FM) bezeichnet, sind numeriert. So hat zum Beispiel die Bodenwettermeldung einer Landstation die Bezeichnung FM 11.C.

Unter der Vielzahl der vereinbarten Schlüsselformen gelten die wichtigsten für folgende Meldungen:

- Bodenmeldung einer Landstation
- Bodenwettermeldung für die Luftfahrt
- Vollständige Bodenmeldung von einem Schiff
- Gekürzte Bodenmeldung von einem Schiff
- Höhenwindmessung von einer Landstation aus
- Höhenwindmessung von einem Schiff aus
- Aufstiegsmessungen von einer Landstation aus
- Aufstiegsmessungen von einem Schiff aus
- Flughafenwettervorhersage

Ferner gibt es Schlüsselformen zur Verbreitung ausgearbeiteter Analysen und Vorhersagekarten sowie klimatischer Mittelwerte (Monatsmittel).

Wetterschlüssel für Bodenwettermeldungen

Grundsätzlich gibt in jeder Wettermeldung die erste Fünfergruppe (bei Schiffsmeldungen die ersten beiden Gruppen) die Station (bzw. Schiffsposition) an.

Bei Landstationen bedeuten die ersten beiden Zahlen die Blocknummer eines größeren Gebietes (oft eines Landes), die letzten drei Zahlen die Stationskennziffer. So hat z. B. Deutschland die Blocknummer 10, der Flughafen Frankfurt die Stationsziffer 637. Die erste Fünfergruppe lautet also für alle Beobachtungen am Flughafen Frankfurt 10 637. Für Rom gilt: Blocknummer Italien = 16, Rom 239, also lautet die erste Fünfer-

gruppe für Beobachtungen in Rom: 16 239. Blocknummern und Kennziffern werden international zugeteilt. Innerhalb eines Blockes nehmen die Kennziffern von West nach Ost und von Nord nach Süd zu.

Die am häufigsten benutzte Schlüsselform dient der Übermittlung von Bodenbeobachtungen einer Landstation und besteht aus mindestens 7 Fünfergruppen, deren Zahl durch zusätzliche Angaben erhöht werden kann. Die einzelnen Gruppen enthalten folgende Angaben:

1. Gruppe: Station
2. Gruppe: Bedeckung und Wind
3. Gruppe: Sicht und Wettererscheinungen
4. Gruppe: Luftdruck und Temperatur
5. Gruppe: Wolken
6. Gruppe: Taupunkt und Druckänderungen
7. Gruppe: Niederschlag und Temperaturextreme

In „Achtergruppen“ (bis zu 4, jeweils beginnend mit der Zahl 8) können Einzelheiten über Wolkenschichten, deren Bedeckungsgrad und Untergrenzen angegeben werden. Ferner können in Spezialgruppen, die sämtlich mit der Zahl 9 beginnen, Feinheiten der Beobachtung (Böen, Gewitter, Frontdurchgänge usw.) mit genauen Zeitangaben verschlüsselt werden.

Bei Bodenbeobachtungen einer Schiffsstation enthalten die ersten Gruppen Angaben über Position, Uhrzeit usw.

Der Wetterschlüssel bietet somit die Möglichkeiten, alle Beobachtungsergebnisse von Land- und Schiffsstationen am Boden und in der freien Atmosphäre bis etwa 25 - 30 km Höhe sowie Vorhersagekarten und Vorhersagen der verschiedensten Art in kürzester Form wiederzugeben. Die Verschlüsselung erfolgt nach dem jeweils geltenden Wetterschlüssel.

Literatur

- | | |
|--|---|
| Deutscher Wetterdienst: | Internationaler Wolkenatlas. Gekürzte Ausg. Bd. 1 (Text), Bd. 2 (Wolkenbilder). 1957. |
| Deutscher Wetterdienst: | Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 3: Beobachterhandbuch für Meldestellen des synoptischen Dienstes. 1961. |
| Deutscher Wetterdienst: | Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 2: Wetterschlüssel. 1963. |
| Deutscher Wetterdienst: | Aspirations-Psychrometer-Tafeln. 4. Auflage Braunschweig: F. Vieweg & Sohn 1963. |
| Deutscher Wetterdienst: | Anleitung für die Beobachter an den Klimahauptstationen des Deutschen Wetterdienstes. 7. Auflage 1966. |
| International Civil Aviation Organization: | ICAO-Doc. 8400 vom 1. 11. 1964. |

Anhang 1

Trigonometrische Funktionen

1. Einleitung

Im praktischen Wetterdienst werden — z. B. bei der Radarwindmessung oder zur Messung von Wolkenhöhen bei Nacht mittels Wolkenscheinwerfers — Kenntnisse in der Dreiecksberechnung vorausgesetzt. An einer beweglichen Station muß der Beobachter unter Umständen in der Lage sein, einen transportablen Wolkenscheinwerfer aufzustellen und selbst die notwendigen Tabellen zur Ermittlung der Wolkenhöhen aus den vom Pendelquadranten abgelesenen Höhenwinkeln zu berechnen. Da bei den in Frage kommenden Messungen stets rechtwinklige Dreiecke zu berechnen sind, sollen im folgenden eine kurze Übersicht über die Zusammenhänge zwischen Seiten, Winkeln usw. sowie einige Berechnungsbeispiele gegeben werden, die es dem Beobachter ermöglichen, sich im Bedarfsfalle selbst zu helfen bzw. ihm das Verständnis dafür zu vermitteln, wie solche von ihm täglich gehandhabten Tabellen aufgestellt wurden.

2. Das rechtwinklige Dreieck

Im rechtwinkligen Dreieck (Abb. 8) heißen die beiden Seiten, die den rechten Winkel (R) einschließen, Katheten, die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite wird als Hypotenuse (c) bezeichnet. Für den Winkel α mit dem Scheitelpunkt A ist b die anliegende, a die gegenüberliegende Kathete; man nennt b kurz die Ankathete, a die Gegenkathete des Winkels α . Das umgekehrte Verhältnis gilt für den Winkel mit dem Scheitelpunkt in B, für den a die Ankathete, b die Gegenkathete darstellt. Im Dreieck beträgt die Winkelsumme stets 180° . Im rechtwinkligen Dreieck ist der rechte Winkel eine feststehende Größe. Die beiden spitzen Winkel, um deren Funktionen es sich in den folgenden Ausführungen handelt, müssen zusammen also ebenfalls einen Wert von 90° haben. Folglich gelten folgende Beziehungen:

$$\alpha = (90^\circ - \beta)$$

$$\beta = (90^\circ - \alpha)$$

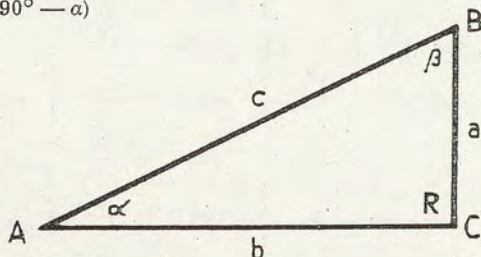


Abb. 8
Das rechtwinklige Dreieck

2.1. Die Sinusfunktion

In einem rechtwinkligen Dreieck wird das Verhältnis von zwei beliebigen Seiten durch die Größe des Winkels α bestimmt. Läßt man in einem Viertelkreis (Abb. 9) den Radius AD = c gegen den Uhrzeigersinn wandern und fällt das Lot von dem jeweiligen Schnittpunkt dieses wandernden Schenkels mit dem Kreisbogen (in B) auf die Ausgangslinie AD, so entsteht ein rechtwinkliges Dreieck ACB, in dem AC und BC die Katheten, der wandernde Schenkel AB, der stets die Größe des Radius beibehält, die Hypotenuse darstellen.

Mit der Vergrößerung des Winkels α (mit dem Scheitelpunkt A) wächst die Größe seiner Gegenkathete BC (oder a), während die Ankathete AC (oder b) sich verkürzt. Das Verhältnis der Katheten zur Hypotenuse und der beiden Katheten zueinander hängt also nur von der

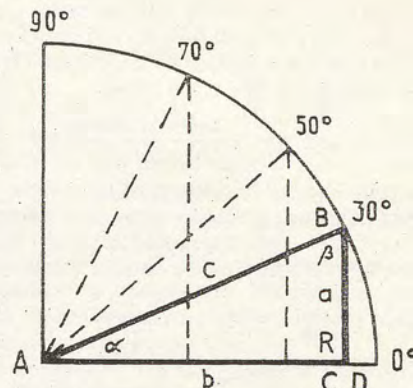


Abb. 9
sin α und cos α am Einheitskreis

Größe des Winkels α ab, ist also eine Funktion von α . Es gilt:

Satz 1

Im rechtwinkligen Dreieck bezeichnet man das Verhältnis der Gegenkathete eines Winkels α zur Hypotenuse als den Sinus des Winkels.

$$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{a}{c}$$

Zur Erleichterung aller trigonometrischen Rechnungen setzt man die Größe des Radius $c = 1$ (Einheitskreis).

Ist der Winkel $\alpha = 0^\circ$, so fallen seine beiden Schenkel mit der Strecke AD zusammen. Die Länge seiner Gegenkathete a ist $0 : \sin 0^\circ = 0$.

Wenn $\alpha = 90^\circ$, fällt der wandernde Schenkel c mit der Senkrechten auf AD im A zusammen, die Kathete a hat also die Länge des Radius = 1 erreicht : $\sin 90^\circ = 1$.

Der Sinuswert des Winkels α ist im Einheitskreis also nichts anderes als die Länge der Gegenkathete a.

Bewegt sich die Größe des Winkels α zwischen 0° und 90° , so kann die Länge seiner Gegenkathete a nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

2.2. Die Kosinus-Funktion

Satz 2

Im rechtwinkligen Dreieck bezeichnet man das Verhältnis der Ankathete eines Winkels α zur Hypotenuse als den Kosinus des Winkels.

$$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{b}{c}$$

Die gleichen Verhältnisse gelten aber auch für den Ergänzungswinkel β oder $(90^\circ - \alpha)$ im umgekehrten Sinne. Wächst α , so verkleinert sich β um den gleichen Betrag und umgekehrt.

$$\begin{aligned} \text{Folglich ist: } \sin \alpha &= \cos \beta \\ \cos \alpha &= \sin \beta \end{aligned}$$

Der Sinus eines spitzen Winkels ist gleich dem Kosinus seines Ergänzungswinkels.

Wenn der Sinuswert des Winkels α aus der Länge der Gegenkathete a, sein Kosinuswert aus der Länge der Ankathete b im Verhältnis zur Länge des Radius = 1 bestimmt wird, so ergibt sich der Sinuswert des Ergänzungswinkels β aus dem Verhältnis seiner Gegenkathete b, sein Kosinuswert aus dem Verhältnis seiner Ankathete a zum Radius (Hypotenuse).

2.3. Die Tangensfunktion

Satz 3

Im rechtwinkligen Dreieck bezeichnet man das Verhältnis der Gegenkathete eines Winkels α zur Ankathete als den Tangens des Winkels α .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{a}{b}$$

Während bei der Sinusfunktion die Hypotenuse c (der wandernde Radius) eine unveränderliche Größe ist, bleibt bei der Tangensfunktion die waagerechte Kathete b = Radius unverändert (Abb. 10).

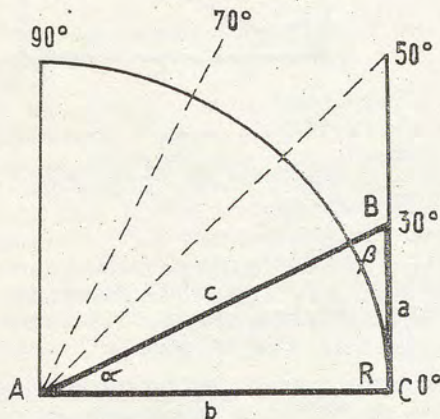


Abb. 10
 $\operatorname{tg} \alpha$ und $\operatorname{ctg} \alpha$ am Einheitskreis

Die Länge der Gegenkathete a des Winkels α wird auf der im Punkt C angetragenen Kreistangente gemessen, die folglich einen rechten Winkel mit AC bildet. Wenn man den Radius b gegen den Uhrzeigersinn wandern lässt und ihn über den Kreisbogen hinaus verlängert, ergeben sich je nach der Größe des Winkels α Schnittpunkte auf der Tangente. Ein solcher Schnittpunkt sei B. Die Länge der Strecke CB = a ist also wiederum von der Größe des Winkels α abhängig. Der wandernde Schenkel b wird bei der Verlängerung über den Kreisbogen hinaus zur Hypotenuse c . Bei $\alpha = 0^\circ$ ist der Tangenswert = 0, da die Schenkel b und c des Winkels α in AC zusammenfallen und den Wert 0 auf der Tangente abschneiden. Bei $\alpha = 45^\circ$ sind a und b gleich lang, da auch der Ergänzungswinkel $\beta = 45^\circ$ beträgt. Da die unveränderliche Größe $b = 1$ zu setzen war, muß a ebenfalls = 1 sein, also: $\operatorname{tg} 45^\circ = 1$. Für Werte des Winkels α zwischen 0° und 45° müssen die zugehörigen Tangenswerte demnach zwischen 0 und 1 liegen. Bei weiterem Anwachsen des Winkels α wachsen auch die Tangenswerte über 1 hinaus an. Bei $\alpha = 89^\circ$ erreicht die Gegenkathete a etwa den 57fachen Wert der Ankathete b (Radius). Bei $\alpha = 90^\circ$ verläuft die Hypotenuse c parallel zur Tangente, sie schneidet sich mit ihr im Unendlichen. Folglich: $\operatorname{tg} 90^\circ = \infty$. Für Winkelwerte zwischen 0° und 90° bewegen sich die Tangenswerte zwischen 0 und ∞ .

2.4. Die Kotangensfunktion

Satz 4

Im rechtwinkligen Dreieck bezeichnet man das Verhältnis der Ankathete eines Winkels α zur Gegenkathete als den Kotangens des Winkels.

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}} = \frac{b}{a}$$

Was bei der Sinusfunktion für den Ergänzungswinkel $= (90^\circ - \alpha)$ gilt, findet auch bei der Tangensfunktion

Anwendung :

Der Kotangens eines Winkels ist gleich dem Tangens seines Ergänzungswinkels.

Aus Abb. 10 ergibt sich: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$, $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$. Hier-

aus folgt die einfache Beziehung $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$ oder

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \text{ oder } \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1.$$

$$\text{Also: } \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{tg} (90^\circ - \alpha) = \operatorname{tg} \beta$$

$$\operatorname{ctg} \beta = \operatorname{tg} (90^\circ - \beta) = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{ist } \operatorname{tg} \alpha = 0, \text{ so ist } \operatorname{ctg} \alpha = \infty$$

$$\text{ist } \operatorname{tg} \alpha = 1, \text{ so ist } \operatorname{ctg} \alpha = 1$$

$$\text{ist } \operatorname{tg} \alpha = \infty, \text{ so ist } \operatorname{ctg} \alpha = 0.$$

Die Werte für Sinus, Kosinus, Tangens, Kotangens findet man in den Tafeln der natürlichen Zahlen der trigonometrischen Funktionen für den Radius 1, z. B. in den Gauß'schen fünfstelligen Logarithmentafeln, Ausgabe 1954, Seite 114 — 117 (s. a. Anhang 1).

Die Sinus- und Tangenswerte ergeben sich aus den links von oben nach unten abzulesenden, von 0 — 90° anwachsenden Winkelwerten. Die Werte für Kosinus und Kotangens sind entsprechend den rechts von unten nach oben anwachsenden Winkelwerten gegenläufig abzulesen.

$$\text{Beispiel: Sinus } 30^\circ = 0,5000$$

$$\text{Kosinus } 60^\circ = 0,5000.$$

3. Formelübersicht

(nur gültig für die Benennungen in Abb. 8; bei anderer Benennung der Dreieckstücke ändern sich die Formeln entsprechend).

Bekannte Stücke	gesucht	Ausgangsformel	Lösung
a, α	c	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$	$c = \frac{a}{\sin \alpha}$
a, β	c	$\cos \beta = \frac{a}{c}$	$c = \frac{a}{\cos \beta}$
b, α	c	$\cos \alpha = \frac{b}{c}$	$c = \frac{b}{\cos \alpha}$
b, β	c	$\sin \beta = \frac{b}{c}$	$c = \frac{b}{\sin \beta}$
c, α	a	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$	$a = c \cdot \sin \alpha$
c, β	a	$\cos \beta = \frac{a}{c}$	$a = c \cdot \cos \beta$
c, α	b	$\cos \alpha = \frac{b}{c}$	$b = c \cdot \cos \alpha$
c, β	b	$\sin \beta = \frac{b}{c}$	$b = c \cdot \sin \beta$
a, α	b	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$	$b = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha}$
a, β	b	$\operatorname{ctg} \beta = \frac{a}{b}$	$b = \frac{a}{\operatorname{ctg} \alpha}$
b, α	a	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$	$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha$
b, β	a	$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$	$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \beta}$

4. Beispiele

1) Mit dem Wolkenscheinwerfer wird nachts die Wolkenhöhe gemessen. Die Entfernung vom Beobachter (A) zum Standort des senkrecht nach oben strahlenden Scheinwerfers (C) = b beträgt 200 Meter. Mit dem Pendelquadranten wurde der Lichtfleck B an der Untergrenze der Wolke von A aus anvisiert und die Größe

des Winkels α auf 30° bestimmt. Bekannte Stücke in diesem Dreieck sind: der rechte Winkel am Wolkenscheinwerfer mit dem Scheitelpunkt C, $b = 200$ Meter, $\alpha = 30^\circ$. Wie hoch ist die Wolkenuntergrenze $CB = a$?

Zur Anwendung kommt die Formel:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{Wolkenhöhe } a = 200 \cdot 0,5774 = 115,48 \text{ m}$$

2) Der Reflexionsschirm eines freifliegenden Ballons wird mit dem Radargerät angepeilt. Die Länge des Peilstrahls (Schrägentfernung) $AB = c$ beträgt 1200 m, der Winkel $\alpha = 60^\circ$. In welcher Höhe über Grund befindet sich der Ballon?

Gegeben: Hypotenuse $c = 1200$ m, Winkel $\alpha = 60^\circ$

Gesucht: Höhe a

Anzuwendende Formel:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$a = c \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Höhe } a = 1200 \cdot 0,8660 = 1039,20 \text{ m}$$

3) Gesucht wird die Horizontalentfernung des Ballons über Grund, dessen Höhe in Beispiel 2 mit 1039,20 m errechnet wurde:

Gegeben: $c = 1200$ m, $\alpha = 60^\circ$

Gesucht: b

Anzuwendende Formel:

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$b = c \cdot \cos \alpha$$

$$1200 \cdot 0,5000 = 600 \text{ m.}$$

Selbstverständlich können beliebige Maßeinheiten, z. B. englische Fuß statt Meter eingesetzt werden.

4) Gesucht wird die Horizontalentfernung b eines mit dem Theodolithen anvisierten Objekts, dessen Höhe mit $a = 700$ m über Grund angegeben ist. Der Höhenwinkel am Theodolithen zeigt 40° .

Gegeben: Höhe $a = 700$ m, Winkel $\alpha = 40^\circ$

Gesucht: Entfernung b

Anzuwendende Formel:

$$\operatorname{cotg} \alpha = \frac{b}{a}$$

$$b = a \cdot \operatorname{cotg} \alpha$$

$$\text{Entfernung } b = 700 \cdot 1,192 = 834,4 \text{ m}$$

Die natürlichen Zahlen der Trigonometrischen Funktionen sin, cos, tang, cotg
(für den Halbmesser = 1)

Grad	sin	Grad	Grad	sin	Grad	Grad	tang	Grad	Grad	tang	Grad
0	0,0000	90	46	0,7193	44	0	0,0000	90	46	1,036	44
1	0,0175	89	47	0,7314	43	1	0,0175	89	47	1,072	43
2	0,0349	88	48	0,7431	42	2	0,0349	88	48	1,111	42
3	0,0523	87	49	0,7547	41	3	0,0524	87	49	1,150	41
4	0,0698	86	50	0,7660	40	4	0,0699	86	50	1,192	40
5	0,0872	85	51	0,7771	39	5	0,0875	85	51	1,235	39
6	0,1045	84	52	0,7880	38	6	0,1051	84	52	1,280	38
7	0,1219	83	53	0,7986	37	7	0,1228	83	53	1,327	37
8	0,1392	82	54	0,8090	36	8	0,1405	82	54	1,376	36
9	0,1564	81	55	0,8192	35	9	0,1584	81	55	1,428	35
10	0,1736	80	56	0,8290	34	10	0,1763	80	56	1,483	34
11	0,1908	79	57	0,8387	33	11	0,1944	79	57	1,540	33
12	0,2079	78	58	0,8480	32	12	0,2126	78	58	1,600	32
13	0,2250	77	59	0,8572	31	13	0,2309	77	59	1,664	31
14	0,2419	76	60	0,8660	30	14	0,2493	76	60	1,732	30
15	0,2588	75	61	0,8746	29	15	0,2679	75	61	1,804	29
16	0,2756	74	62	0,8829	28	16	0,2867	74	62	1,881	28
17	0,2924	73	63	0,8910	27	17	0,3057	73	63	1,963	27
18	0,3090	72	64	0,8988	26	18	0,3249	72	64	2,050	26
19	0,3256	71	65	0,9063	25	19	0,3443	71	65	2,145	25
20	0,3420	70	66	0,9135	24	20	0,3640	70	66	2,246	24
21	0,3584	69	67	0,9205	23	21	0,3839	69	67	2,356	23
22	0,3746	68	68	0,9272	22	22	0,4040	68	68	2,475	22
23	0,3907	67	69	0,9336	21	23	0,4245	67	69	2,605	21
24	0,4067	66	70	0,9397	20	24	0,4452	66	70	2,747	20
25	0,4226	65	71	0,9455	19	25	0,4663	65	71	2,904	19
26	0,4384	64	72	0,9511	18	26	0,4877	64	72	3,078	18
27	0,4540	63	73	0,9563	17	27	0,5095	63	73	3,271	17
28	0,4695	62	74	0,9613	16	28	0,5317	62	74	3,487	16
29	0,4848	61	75	0,9659	15	29	0,5543	61	75	3,732	15
30	0,5000	60	76	0,9703	14	30	0,5774	60	76	4,011	14
31	0,5050	59	77	0,9744	13	31	0,6009	59	77	4,331	13
32	0,5299	58	78	0,9781	12	32	0,6249	58	78	4,705	12
33	0,5446	57	79	0,9816	11	33	0,6494	57	79	5,145	11
34	0,5592	56	80	0,9848	10	34	0,6745	56	80	5,671	10
35	0,5736	55	81	0,9877	9	35	0,7002	55	81	6,314	9
36	0,5878	54	82	0,9903	8	36	0,7265	54	82	7,115	8
37	0,6018	53	83	0,9925	7	37	0,7536	53	83	8,144	7
38	0,6157	52	84	0,9945	6	38	0,7813	52	84	9,514	6
39	0,6293	51	85	0,9962	5	39	0,8098	51	85	11,430	5
40	0,6428	50	86	0,9876	4	40	0,8391	50	86	14,301	4
41	0,6561	49	87	0,9986	3	41	0,8693	49	87	19,081	3
42	0,6691	48	88	0,9994	2	42	0,9004	48	88	28,636	2
43	0,6820	47	89	0,9998	1	43	0,9325	47	89	57,290	1
44	0,6947	46	90	1,0000	0	44	0,9657	46	90	∞	0
45	0,7071	45				45	1,000	45			
cos			cos			cotg			cotg		

Anhang 2
Begriffe und Abkürzungen
(gemäß ICAO Doc. 8400 vom 1. 11. 1964)

A		From	FM	Mountain waves	MTW
Above mountains	MON	Front	FRONT	Move or moving	MOV
Active or activated	ACT				
Adjacent	ADJ		G	N	
Altimeter settings or indications	QFE QNE QNH	Gradual or gradually	GRADU	Nautical miles	NM
Altostratus	AS		H	Near or over large town	CIT
Altostratus	AS	Hail	HAIL	Nimbostratus	NS
Amend or amended	AMD	Heavy	HVY	No change	NC
Associated with	ASSW	Hurricane	HURCN	None or I have nothing to send to you	NIL
At sea	MAR			No significant change	NOSIG
At the coast	COT		I		
		Icing	ICE		
B		Improve or improving	IMPR	O	
Below clouds	BLO	In and out of clouds	IOA	Obscure or obscured	OBSC
Between layers	BTL	Inches	INS	Observe or observed	
Blowing snow	BLSN	In cloud	INC	observation	OBS
Broken	BKN	Information in plain language		Occasional or occasionally	OCNL
		issued by meteorological watch office concerning certain meteorological phenomena	SIGMET	On top	OTP
C		Inland	LAN	Opaque, white type of ice formation	OPA
Cirrocumulus	CC	Instrument meteorological conditions	IMC	Overcast	OVC
Cirrostratus	CS	Intensify or intensifying			
Cirrus	CI	Intensity	INTSF		
Clear air		Intermittent	INTST		
turbulence	CAT	In valleys	VAL		
Clear type of ice formation	CLA			P	
Cloud	CLD			Plus	PS
Cloud base	BASE			Position	PSN
Cloud top	TOP			Probability	PROB
Continuous	CNS				
Cumuliform	CUF			R	
Cumulonimbus	CB			Ragged	RAG
Cumulus	CU			Rain	RA
				Rain and snow	RASN
				Rapid or rapidly	RAPID
				Runway visual range	RVR
D			J		
Degrees	DEG	Jet stream	JTST		
Degrees Celsius	C				
Degrees Fahrenheit	F			S	
Dense upper cloud	DUC			Sandstorm	SAND
Deteriorate or deteriorating	DTRT	Kilometres	KM	Scattered	SCT
Dew point	DP	Knots	KT	Severe	SEV
Diffuse	DIF			Shower	SHWR
Drizzle	DRZL		L	Significant clouds	SIGCLD
Duststorm	DUST	Layer or layered	LYR	Sky clear	SKC
		Light	FBL	Slow	SLW
		Line squall	LSQ	Smoke	SMK
		Locally	LOC	Snow	SN
E				Special meteorological report relating to improvement or deterioration of meteorological conditions	SPECIAL
Expect or expected or expecting	EXP	Meteorological or meteorology	MET	Spot wind	SPOT
Ectend or extending	EXTD	Metres	M	Stationary	STNR
		Metres per second	MPS	Stratiform	STF
F		Millibars	MB	Stratocumulus	SC
Feet	FT	Minus	MS	Stratus	ST
Fluctuating	FLUC	Mixed type of ice formation	MX		
Forecast	FCST	Moderate	MOD		
Freezing	FZ	Mountain	MT		
Freezing rain	FZR				
Frequent	FRQ				

Tail wind	T	Until	U	Visual	
Temperature	TAIL			meteorological	
Temporary or	T			conditions	VMC
temporarily			V		
Thunderstorm	TEMPO	Variable			W
Tornado	TS	Vertical	VRBL	Waterspout	WTSPT
Towering cumulus	TDO	Visibility	VER	Weaken or	
Trend or tending to	TCU	Visibility, cloud	VIS	weakening	WKN
Tropical cyclone	TEND	and present		Weather	WX
Turbulence	TCYC	weather better		White type of	
Typhoon	TURB	than prescribed		ice formation	OPA
	TYPH	values or	CAVOK	Widespread	WDSPR
		conditions			

Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst

Nr. 1	Allgemeine Meteorologie. (Th. Meissner, P. Bohr, P. Hess)...	DM 6,90
Nr. 2	Grundlagen der Wettervorhersage. Synoptische Methoden. (H. Mollwo)	DM 5,70
Nr. 3	Grundlagen der Wettervorhersage. Statistische Methoden	In Bearbeitung
Nr. 4	Wetterbeobachtung (K. Schneider, A. Schnell)	
Nr. 5	Seewetterdienst und Maritime Meteorologie. (H. Markgraf)	DM 5,10
Nr. 6	Instrumentenkunde	In Bearbeitung
